

Aus der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie,
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar
(Direktor: Prof. Dr. med. D. Kohn)

**Veränderungen der Atrophie und fettigen Degeneration der
rupturierten Rotatorenmanschette nach arthroskopischer
Rekonstruktion: Klinischer, sonographischer und
kernspintomographischer Verlauf**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2012

vorgelegt von: Thomas Grub

geb. am: 16.06.1983 in Homburg/Saar

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	4
2.	Einleitung	8
2.1	Anatomische Grundlagen	8
2.2	Pathologische Grundlagen	9
2.2.1	Pathogenese der Rotatorenmanschettenruptur	9
2.2.2	Einteilung und Klassifikation der Rotatorenmanschettenruptur	10
2.3	Epidemiologie	11
2.4	Therapie	12
2.5	Strukturelle Veränderungen in der Rotatorenmanschette vor und nach Ruptur .	13
2.6	Postoperative strukturelle Veränderungen in der Rotatorenmanschette	13
2.6.1	Muskelatrophie	14
2.6.2	Fettige Degeneration	14
3.	Fragestellung	15
4.	Patienten und Methoden	16
4.1	Patienten	16
4.2	Methoden	17
4.2.1	Operationsverfahren und Nachbehandlung	17
4.2.1.1	Operationsverfahren	17
4.2.1.2	Nachbehandlung	18
4.2.2	Studienablauf	18
4.2.3	Klinische Untersuchung	19
4.2.3.1	Anamnese	19
4.2.3.2	Überprüfung der Beweglichkeit nach der Neutral-Null-Methode	19
4.2.3.3	Kraft	20
4.2.3.4	Klinische Tests	20
4.2.3.4.1	Test der Rotatorenmanschette	21
4.2.3.5	Angewandte Scores	22
4.2.3.5.1	Constant Murley Score	22
4.2.3.5.2	Simple Shoulder Test	23
4.2.3.5.3	SF 36 Fragebogen	23
4.2.4	Bildgebende Verfahren	23

4.2.4.1	MRT	23
4.2.4.1.1	Retraktionsgrad der Sehne nach Patte	24
4.2.4.1.2	Muskuläre Atrophie nach Thomazeau	26
4.2.4.1.3	Fettige Degeneration nach Goutallier	27
4.2.4.1.4	Sehnenintegrität nach Sugaya.....	28
4.2.4.2	Sonografie	29
4.2.4.2.1	Technik der Schultersonographie	29
4.2.4.2.2	Punktescore des M. supraspinatus.....	31
4.2.5	Statistische Auswertung	33
5.	Ergebnisse	34
5.1	Epidemiologische Daten	34
5.2	Anamnese	34
5.3	Klinische Tests.....	35
5.4	Constant Murley Score	41
5.5	Simple Shoulder Test.....	42
5.6	SF36.....	43
5.7	Gegenüberstellung der klinischen Daten.....	44
5.8	MRT-Ergebnisse	46
5.8.1	Retraktionsgrad nach Patte	46
5.8.2	Muskuläre Atrophie nach Thomazeau.....	46
5.8.3	Fettige Degeneration nach Goutallier	47
5.8.4	Sehnenintegrität nach Sugaya	49
5.8.5	Zusammenhang zwischen Retraktionsgrad und fettiger Degeneration	49
5.8.6	Zusammenhang zwischen Retraktionsgrad und muskulärer Atrophie	52
5.9	Sonographische Resultate	54
5.10	Vergleich der bildgebenden Verfahren mit den klinischen Ergebnissen	56
5.11	Beeinflussung der Ergebnisse durch Rerupturen	61
6.	Diskussion	63
6.1	Patienten	63
6.2	Rupturierte Sehnen der Rotatorenmanschette	63
6.3	Methodik	64
6.4	Vergleich der MRT-Ergebnisse mit klinischen Ergebnissen.....	64
6.5	Auswirkungen der Rerupturen auf die Ergebnisse der Studie	67
6.6	Ultraschall.....	68

7.	Interpretation und Schlussfolgerung	70
8.	Anhang.....	71
9.	Tabellenverzeichnis	84
10.	Abbildungsverzeichnis	86
11.	Literaturverzeichnis	88
12.	Abkürzungsverzeichnis	92
13.	Publikationen	93
14.	Danksagung.....	94
15.	Curriculum vitae	95

1. Zusammenfassung

Veränderungen der Atrophie und fettigen Degeneration der rupturierten Rotatorenmanschette nach arthroskopischer Rekonstruktion: Klinischer, sonographischer und kernspintomographischer Verlauf

Zielsetzung: Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Entwicklung der Atrophie und fettigen Degeneration der Muskeln der Rotatorenmanschette nach arthroskopischer Rotatorenmanschettenrekonstruktion im zeitlichen Verlauf von einem postoperativen Jahr zu beobachten und mit den klinischen Ergebnissen zu korrelieren.

Methodik: Es erfolgte eine MRT-Untersuchung direkt präoperativ sowie 12, 26 und 52 Wochen postoperativ nach einem standardisierten Untersuchungsablauf. Beurteilt wurden der Retraktionsgrad nach Patte, Grad der fettigen Degeneration nach Goutallier, Grad der Atrophie nach Thomazeau sowie postoperativ zusätzlich die Sehnenintegrität nach Sugaya. Zur Korrelation mit den klinischen Ergebnissen wurde präoperativ sowie 12, 26 und 52 Wochen postoperativ der Constant Murley Score, der Simple Shoulder Test und der SF36-Fragebogen erhoben.

Des Weiteren wurde eine Sonographie präoperativ, nach 6, 12, 26 und 52 Wochen postoperativ durchgeführt, um die Muskelqualität der Rotatorenmanschette mit den Ergebnissen aus den klinischen Tests und den MRT-Untersuchungen in Beziehung setzen zu können.

Ergebnisse: Von 22 eingeschlossenen Patienten konnten insgesamt 19 Patienten über einen Zeitraum von zwölf Monaten nachuntersucht werden. Der altersadaptierte Constant Murley Score steigerte sich von präoperativ $64,6 \pm 17,7$ Prozent auf postoperativ $97,4 \pm 24,8$ Prozent. Die durchschnittliche Verbesserung des Constant Murley Score war mit $32,8 \pm 25,7$ Prozent signifikant ($p < 0,001$). Der Simple Shoulder Test steigerte sich ebenfalls signifikant von präoperativ $4,6 \pm 2,6$ Punkte auf $9,6 \pm 2,8$ Punkte ($p = 0,001$). Die Kraft steigerte sich im betroffenen Arm von präoperativ $8,2 \pm 7,8$ N auf $11,8 \pm 6,2$ N signifikant ($p = 0,006$). Bei der Beweglichkeit wurde im Vergleich von präoperativen und postoperativen Untersuchungsergebnissen eine Anteversionsverbesserung um 40° mit einer Signifikanz von 0,002 festgestellt.

Bei präoperativ hochgradiger Retraktion (Stadium 2-3 nach Patte) zeigte sich ein signifikant schlechteres Ergebnis im Constant Murley Score zwölf Monate postoperativ ($91,4 \pm 28,3 \%$) im Vergleich zu geringgradiger Retraktion (Stadium 1 nach Patte; $112,4 \pm 13,9 \%$; $p=0,047$).

Es zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen größerem präoperativen Muskeldurchmesser und hohem postoperativem Constant Murley Score ($p=0,046$).

Postoperativ konnte keine signifikante Veränderung des Muskeldurchmessers und Atrophiegrads beobachtet werden.

Bei der fettigen Degeneration konnte ein signifikanter Anstieg der fettigen Degeneration von präoperativ $1,1 \pm 0,7$ Grad auf zwölf Monate postoperativ gemessene Werte von $1,4 \pm 0,8$ Grad gefunden werden ($p=0,01$).

Es konnte eine signifikante Korrelation zwischen der zwölf Monate postoperativ gemessenen Sehnenintegrität nach Sugaya und dem zwölf Monate postoperativen Constant Murley Score aufgezeigt werden ($p=0,02$).

Die Ultraschalldiagnostik zeigte nach den Auswertungskriterien von R. Forst und K. Strobel bei der Beurteilung des Musculus supraspinatus keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der betroffenen Schulter mit der gesunden Schulter.

Schlussfolgerung: Die Rekonstruktion der Rotatorenmanschette ist eine erfolgreiche Operation in Bezug auf die subjektive Patientenzufriedenheit und objektivierbare Schulterfunktion. Die Ergebnisse sind abhängig vom präoperativen Grad der Retraktion und Atrophie. Durch die Rekonstruktion der Rotatorenmanschette konnte jedoch kein positiver Einfluss auf den Grad der Atrophie und fettigen Degeneration nachgewiesen werden. Es wurde ein signifikanter Anstieg der fettigen Degeneration im untersuchten postoperativen Verlauf festgestellt.

Changes of atrophy and fatty degeneration of ruptured rotator cuff after arthroscopic rotator cuff repair: Clinical, sonographic and MRI progress

Purpose: The objective of this study was to investigate changes in atrophy and fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff after arthroscopic rotator cuff repair within the first postoperative year and to correlate these findings with clinical results.

Methods: 22 patients scheduled for arthroscopic rotator cuff repair were included in this study prospectively. A MRI was done preoperatively and 12, 26 and 52 weeks postoperatively following a standardized protocol. Muscle atrophy according to Thomazeau and fatty degeneration according to Goutallier as well as preoperative tendon retraction according to Patte and postoperative tendon integrity according to Sugaya were analyzed. Additionally, for correlation with the clinical results the Constant Murley Score, the Simple Shoulder Test and the SF36 questionnaire were evaluated preoperatively and 12, 26 and 52 weeks postoperatively. Furthermore, a sonography of the rotator cuff was done preoperatively and 6, 12, 26 and 52 weeks postoperatively to correlate the sonographic quality of the muscles of rotator cuff with MRI- and clinical results.

Results: From 22 included patients, 19 patients were followed up over a period of twelve months. Clinically, the age adapted Constant Murley Score improved significantly from preoperatively $64,6 \pm 17,7$ percent to postoperatively $97,4 \pm 24,8$ percent. The average improvement of the Constant Murley Score was significant with $32,8 \pm 25,7$ percent ($p < 0.001$). Additionally, the Simple Shoulder Test improved significantly from preoperatively $4,6 \pm 2,6$ scores to $9,6 \pm 2,8$ scores ($p < 0.001$). The strength of the supraspinatus muscle of the affected shoulder improved significantly from preoperative $8,2 \pm 7,8$ N to $11,8 \pm 6,2$ N ($p < 0,006$). A significant improvement of the anteversion about 40° between preoperatively and postoperatively examination results was determined ($p = 0,002$).

The Constant Murley Score twelve months postoperatively was significantly better in patients with a preoperative stage 1 tendon retraction according to Patte ($112,4 \pm 13,9$ %) compared to patients with a stage 2 or 3 retraction according to Patte ($91,4 \pm 28,3$ %; $p = 0,047$).

There was a significant correlation between a higher postoperative Constant Murley Score and a higher preoperative muscle diameter ($p=0,046$).

No signs of significant changing of the diameter of muscle and muscle atrophy could be observed.

A significant rise of fatty degeneration was found in the progress between the preoperative measure ($1,1 \pm 0,7$ degree) and the twelve months postoperative measure ($1,4 \pm 0,8$ degree; $p=0,01$).

A significant correlation was observed between tendon integrity measured twelve months postoperatively according to Sugaya and the twelve months postoperative Constant Murley Score ($p=0,02$).

The sonographic evaluation of the supraspinatus muscle showed no significant differences in the affected shoulder compared to the fit shoulder according to analysis criteria by R. Forst and K. Strobel .

Conclusions: Rotator cuff repair is a successful procedure referring to pain relief and objective functional outcome. The preoperative degrees of tendon retraction and muscle quality influence significantly the postoperative results. No signs of reversibility of fatty degeneration or atrophy could be found following reconstruction of the rotator cuff. Thus, a significant increase of the fatty degeneration was shown postoperatively.

2. Einleitung

2.1 Anatomische Grundlagen

Im Schultergelenk artikulieren der Humeruskopf (Caput humeri) und die Schulterblattgelenkpfanne (Cavitas glenoidalis) in Form eines Kugelgelenks. Die gegenüber der Gelenkfläche des Caput humeri drei- bis viermal kleinere Gelenkfläche des Schulterblattes (Scapula) wird durch eine am Pfannenrand ansetzende faserknorpelige, an der Basis etwa fünf Millimeter breite Gelenkklippe (Labrum glenoidale) etwas vergrößert. Dieses Missverhältnis in der Größe der artikulierenden Gelenkflächen ermöglicht zwar eine große Beweglichkeit, verringert aber aufgrund einer mangelnden knöchernen Führung die Stabilität im Gelenk. Da auch der Bandapparat relativ schwach ausgeprägt ist, wird die Stabilität im Gelenk vor allem durch die kräftige Schultermuskulatur gewährleistet. Die Rotatorenmanschette ist ein Teil der Schultergelenkmuskulatur und besteht aus mehreren Muskeln, die vor allem bei der Rotation und teilweise auch bei der Abduktion des Oberarmknochens (Humerus) im Schultergelenk eine Rolle spielen. Zur Rotatorenmanschette zählen der Musculus (M.) supraspinatus, der M. infraspinatus, der M. teres minor und der M. subscapularis.

Muskel	Ursprung	Ansatz	Funktion	Innervation
M. supraspinatus	Fossa supraspinata der Scapula	Tuberculum majus des Humerus	Abduktion	N. suprascapularis
M. infraspinatus	Fossa infraspinata der Scapula	Tuberculum majus des Humerus	Außenrotation	N. suprascapularis
M. teres minor	Margo lateralis der Scapula	Tuberculum majus des Humerus	Außenrotation, schwache Adduktion	N. axillaris
M. subscapularis	Fossa subscapularis der Scapula	Tuberculum minus des Humerus	Innenrotation	N. subscapularis

Tabelle 1: Muskeln der Rotatorenmanschette

Gemeinsam mit dem Rabenschnabelfortsatz (Processus coracoideus) und der Schulterhöhe (Acromion) bildet das Lig. coracoacromiale das sogenannte Schulterdach (Fornix humeri), das die Lage des Humeruskopfes in der Pfanne sichert [18, 43, 44].

2.2 Pathologische Grundlagen

2.2.1 Pathogenese der Rotatorenmanschettenruptur

In der historischen Einteilung von Neer und Poppen [38] werden Rotatorenmanschettenrupturen hinsichtlich ihrer Pathogenese in drei Gruppen gegliedert. Neben traumatischen und degenerativen Rupturen sind die im Rahmen einer Schulterinstabilität beobachteten Läsionen als eigenständiges Krankheitsbild aufgeführt. Mit dem heutigen Verständnis zur Ätiopathogenese von Rotatorenmanschettenrupturen können diese in fünf Kategorien unterteilt werden [19]:

- Atraumatische bzw. degenerative Rupturen
- Traumatische Rupturen bei degenerativer Schadenslage
- Mikrotraumatische Läsionen
- Echte traumatische Läsionen
- Spezifisch (z.B. entzündlich-rheumatoid, Milwaukee-Shoulder)

Uhthoff et al. [53] teilen die Entstehungsursachen, die von außen auf die Sehne der Rotatorenmanschette einwirken, als extrinsische oder sekundäre ein und bezeichnen diejenigen, die sich aus pathologischen Veränderungen in der Sehne selbst ergeben, als intrinsische oder primäre Tendinopathien. Klinisch ist die Differenzierung zwischen sekundären äußeren oder primären inneren Veränderungen in den Anfangsstadien schwierig, so dass der Begriff "Impingement" häufig als globale Beschreibung und Erklärung gewählt wird.

Alterungs- und verschleißbedingte Prozesse treten beim Vorliegen intrinsischer Faktoren auf, bedingen einen lokalen Elastizitätsverlust und führen letztendlich zum Bild der degenerativen Sehnenruptur [3]. Dabei können degenerative Veränderungen zum Beispiel durch Diabetes mellitus, chronische Polyarthritits oder renale Osteopathien, in deren Folge es zu sekundären Veränderungen im Sehnengewebe kommt, ausgelöst werden. Auch die vaskuläre Situation der Rotatorenmanschette - besonders der Supraspinatussehne - sowie die physiologische Degeneration durch Altern sind von Bedeutung.

Diskutiert werden auch extrinsische Faktoren im Zusammenhang mit Rotatorenmanschettenrupturen. Meyer et al. [31] glauben, dass selbst die physiologische Nutzung der

Schulter mit ihren repetitiven Bewegungsabläufen degenerative Veränderungen der Rotatorenmanschette nach sich ziehen müssten. Sie waren der Meinung, dass nicht das Bewegungsausmaß, sondern eher sehr häufig wiederholte Bewegungsmuster dies verursache.

Diese Idee wurde von Neer [37] aufgegriffen, der der Auffassung war, dass 95 Prozent aller Rupturen auf einen solchen pathogenetischen Mechanismus zurückzuführen seien. Er stellte drei Stadien auf, die nach dem Patientenalter und pathophysiologischen Befunden gegliedert wurden:

Stadium 1	Ödematöse Schwellung mit Einblutung in die Sehne, reversibles Krankheitsbild des jungen Patienten
Stadium 2	Fibrosierung, Tendinitis und Verdickung von Sehne und Bursa durch wiederholte Reizzustände bei Patienten zwischen dem 25. und 40. Lebensjahr
Stadium 3	durch chronisch mechanisch-entzündlichen Reiz Vorkommen zuerst inkomplette dann komplette Sehnenruptur; röntgenologisch Vorfinden von acromialer und humeraler Sklerosierung mit Osteophytenbildung; Patienten in der Regel über 40 Jahre alt

Tabelle 2: Stadien der Rotatorenmanschettenruptur [37]

2.2.2 Einteilung und Klassifikation der Rotatorenmanschettenruptur

Zur Bestimmung der Lokalisation der Läsion wird die Sektoreneinteilung nach Habermeyer [19] verwendet, die die sagittale Ausdehnung zonenweise in der transversalen Ebene anzeigt (Abbildung 1).

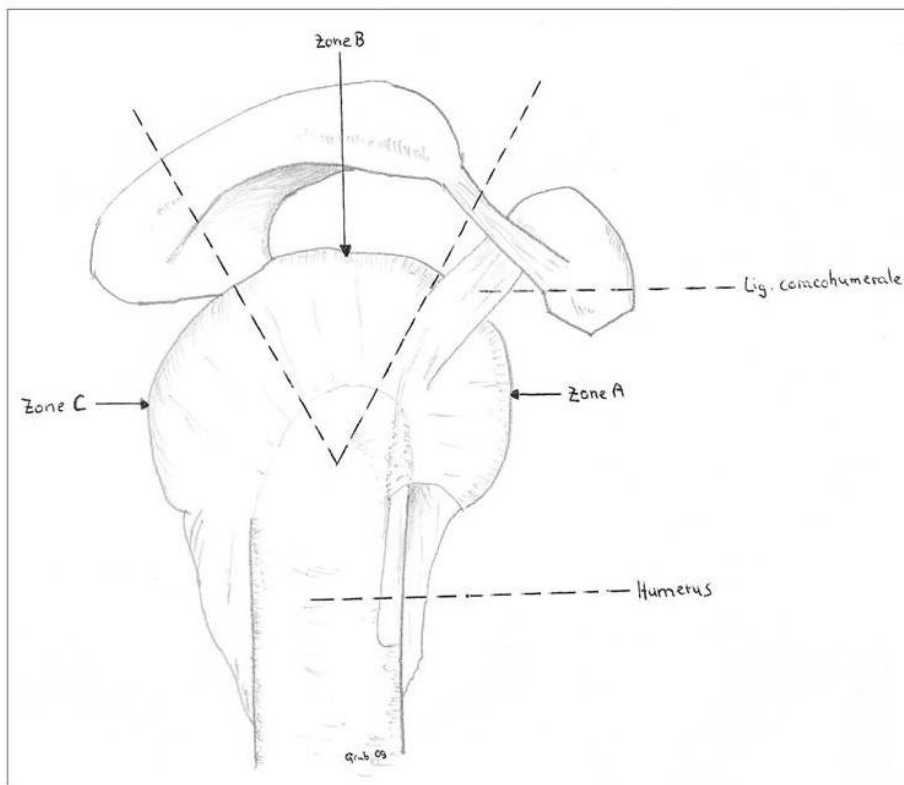


Abb. 1: Sektoreneinteilung der Rotatorenmanchettenruptur nach Habermeyer [19]
(Thomas Grub 2009)

Die verschiedenen Rupturformen werden von Habermeyer in Typ I Längsruptur, Typ II Querruptur, Typ III dreieckige Ruptur und Typ IV Massenruptur eingeteilt.

2.3 Epidemiologie

Frühere Publikationen über die Häufigkeit von Rotatorenmanchettenrupturen [9] mit 66 Prozent Totalrupturen und 17 Prozent Partialläsionen im Sektionsgut von im Durchschnitt über 77-Jährigen zeigten, dass die Rotatorenmanchettenruptur ein mit dem Alter vergesellschaftetes Leiden ist. Aus einer Literaturübersicht mit einer Gesamtanzahl von 1.463 Sektionsbefunden ergab sich ein Durchschnitt von 12,9 Prozent Totalrupturen [9]. Bei Personen unter 40 Jahren fand man zwischen null Prozent [55] und fünf Prozent [43] Totalrupturen. Der Anteil der Partialrupturen liegt nach Uhthoff [51] bei 32 Prozent (durchschnittliches Sektionsalter 59 Jahre) und nach Angaben von Ozaki [40] bei 35 Prozent (Sektionsalter 72,3 Jahre).

Männer sind im Gegensatz zu Frauen doppelt so häufig betroffen. Die Läsionen liegen zu etwa 70 Prozent auf der Seite des dominanten Arms. In über 50 Prozent der Fälle wird bei ausgedehnten Formen auch eine Rotatorenmanschettenruptur auf der Gegenseite diagnostiziert [20].

Rupturen der Supra- und Infraspinatussehne ereignen sich etwa zu 50 Prozent atraumatisch. Häufig wird die Ruptur bei Patienten mit degenerativen Schäden im Bereich der Rotatorenmanschette durch ein akutes Trauma ausgelöst, das den vorliegenden Defekt vergrößert [18]. Im Gegensatz dazu werden nach Walch [54] isolierte Rupturen der Subscapularissehne zu 70% durch ein adäquates Trauma ausgelöst. Der Anteil der Sportverletzungen mit Rupturen der Supraspinatus- und/oder Infraspinatussehne liegt etwa bei 16%. Im Alter über 40 Jahren führen Schulterluxationen in 40 [6] bis 70 Prozent [30] der Fälle zu einer Rotatorenmanschettenruptur.

2.4 Therapie

Das therapeutische Vorgehen bei dem Vorliegen einer Rotatorenmanschettenruptur kann sowohl konservativ als auch operativ erfolgen. Kriterien für eine konservative Therapie sind langsamer Beginn, inaktiver Patient, fehlende Motivation, degenerative Schadensanlage und begleitende Erkrankungen (z.B. adhäsive Kapsulitis). Prinzipien der therapeutischen Vorgehensweise sind initiale analgetische und antiphlogistische Behandlung mit kurzfristiger Ruhigstellung. Die größte Rolle bei der konservativen Therapie spielt die physikalische Therapie mit Wiederherstellung der passiven Gelenkbeweglichkeit und anschließendem Muskelaufbautraining. Der Erfolg der konservativen Behandlung liegt nach Takagishi et al. [48] bei kompletten Rupturen bei 44 Prozent. Die Studie von Noel et al. [39] hat gezeigt, dass bei einer arthrographisch gesicherten Ruptur 40 Prozent von 171 Fällen erfolgreich behandelt werden konnten, wobei Patienten, die älter als 65 Jahre waren, am meisten von der konservativen Therapie profitierten. Der Erfolg der konservativen Therapie ist abhängig von dem Schmerzausmaß, dem verbliebenen bzw. wiedergewonnenen Aktivitätsgrad und der Kooperation des Patienten.

Die operative Behandlung erfolgt um so eher, je jünger der Patient und je adäquater das Trauma ist. Die günstigsten Ergebnisse werden innerhalb der ersten Wochen erzielt [1, 2]. Voraussetzung für eine operative Rekonstruktion ist allerdings eine gute passive Beweglichkeit. Diese muss präoperativ durch Krankengymnastik hergestellt werden, bevor operiert wird. Für die verschiedenen Läsionsformen gibt es verschiedene Operationstechniken. Man unterscheidet sie in geschlossene (arthroskopische), halboffene oder offene Operationstechnik. Sobald eine komplette oder Teilruptur nachgewiesen ist, wird zuerst der Schmerzcharakter und danach erst der Kraft- und Funktionsverlust des Armes als Indikationskriterium gewertet. Im Anschluss an die Operation muss eine physiotherapeutische Nachbehandlung gesichert sein.

2.5 Strukturelle Veränderungen in der Rotatorenmanschette vor und nach Ruptur

In der Vergangenheit konnte durch verschiedene wissenschaftliche Arbeiten herausgestellt werden, dass es nach einer Rotatorenmanschettenruptur zu einer fettigen Infiltration in bestimmten Bereichen der Rotatorenmanschette kommen kann. Diese könne mit der Zeit auch weiter zunehmen [16]. Auch nach Rerupturen konnte ein Fortschreiten der fettigen Degeneration und der Muskelatrophie von M. supraspinatus und infraspinatus beschrieben werden [25].

2.6 Postoperative strukturelle Veränderungen in der Rotatorenmanschette

In der Vergangenheit wurden bereits einige Studien durchgeführt, um den postoperativen Verlauf der fettigen Degeneration und der Muskelatrophie im Bereich der Rotatorenmanschette aufzuzeigen [13, 15, 16, 28]. Der Vergleich der unterschiedlichen Studien zu diesem Themenschwerpunkt zeigt divergierende Forschungsergebnisse auf, über die im Anschluss ein kurzer Überblick gegeben wird.

2.6.1 Muskelatrophie

In verschiedenen Studien konnte ein Sistieren [13] bzw. eine Rückläufigkeit der Muskelatrophie des M. supraspinatus [49] beschrieben werden.

Es wurde herausgefunden, dass die Muskelatrophie bei Reruptur der zuvor operativ versorgten Rotatorenmanschette deutlicher fortschritt als bei erfolgreich verlaufener Rekonstruktion [15, 28]. Bei erfolgreicher Operation blieb die Atrophie stabil [28].

2.6.2 Fettige Degeneration

Es wurde festgestellt, dass die nach erfolgreicher operativer Versorgung gemessene fettige Degeneration in einem Teilbereich der Rotatorenmanschette im Vergleich zur präoperativen Messung rückläufig sein kann [16].

Andere Studien zeigten auf, dass die Verfettung auch nach operativer Versorgung weiter anstieg. Die fettige Degeneration war allerdings bei der Rerupturgruppe im Vergleich zur Gruppe der postoperativ intakten Rotatorenmanschetten signifikant höher [15, 28].

3. Fragestellung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Entwicklung der Atrophie und fettigen Degeneration der Muskeln der Rotatorenmanschette nach Rekonstruktion im zeitlichen Verlauf von einem Jahr nach der Operation zu beobachten und mit den klinischen Ergebnissen zu korrelieren. Dazu werden im Folgenden diese Fragen beantwortet:

Wie verhalten sich die Veränderungen der Atrophie und der fettigen Degeneration im Verlauf des Heilungsvorganges im MRT und in der Sonographie und welche Korrelation besteht zwischen beiden diagnostischen Verfahren?

In welcher Korrelation stehen die klinischen Ergebnisse mit den durch die Bildgebungsverfahren gewonnenen Daten?

Welche Unterschiede bestehen zwischen der subjektiven Einschätzung des Krankheitszustandes durch den Patienten selbst und den klinisch objektiv erfassten Ergebnissen?

Welche Rolle spielt die Retraktion der Rotatorenmanschette im Heilungsverlauf?

4. Patienten und Methoden

4.1 Patienten

Im Zeitraum von Dezember 2006 bis Dezember 2009 wurden an der Orthopädischen Klinik des Universitätsklinikums des Saarlandes 22 Patienten in die Studie aufgenommen. Von diesem Patientengut wurden 19 Patienten jeweils über ein Jahr hinweg einmal präoperativ und viermal postoperativ untersucht.

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Kernspintomographisch gesicherte vollschichtige Rotatorenmanschettenruptur	Kontraindikation für MRT-Untersuchung (z.B. Herzschrittmacher)
Maximale Rupturgröße von vier Zentimetern	Vorliegen einer Omarthrose

Tabelle 3: Ein- und Ausschlusskriterien

Drei Patienten haben die Studie abgebrochen. Ein Patient konnte auf Grund persönlicher Gründe nicht mehr teilnehmen, da er im landwirtschaftlichen Bereich tätig ist und daher keine Zeit mehr aufbringen konnte. Eine Patientin verzog über eine Entfernung von 300 Kilometern und ein Patient brach nach der "Sechs-Wochen-Untersuchung" die Studie ab, weil er auf Grund zu hoher Selbstkosten für eine passive Bewegungsschiene von der postoperativen Betreuung enttäuscht und unzufrieden war. Bei drei von 19 Patienten konnte das Studienprotokoll der sonographischen Untersuchung aus organisatorischen Gründen nicht vollständig eingehalten werden.

4.2 Methoden

4.2.1 Operationsverfahren und Nachbehandlung

4.2.1.1 Operationsverfahren

Alle Operationen wurden durch zwei Operateure in einer halb-sitzenden Position (Beach-Chair-Position) durchgeführt. Bei allen Operationen wurden die Rotatorenmanschettenruptur ausschließlich mit Einzel-Reihen-Naht-Technik rekonstruiert. Eine diagnostische Arthroskopie wurde mittels eines 30°-Arthroskops und Standardportalen mit einer arthroskopischen Pumpe bei 50 mmHg Einfluss-Druck durchgeführt. Nach Debridement von den Sehnenkanten wurden größere Knochenunebenheiten mit einer motorbetriebenen Fräse geglättet.

In weiter retrahierten und größeren Sehnen wurde zusätzlich eine Seit-zu-Seit-Rekonstruktionstechnik mit nicht absorbierbaren Nähten (FiberWire, Arthrex, Größe Nr. 2) benutzt. In allen Fällen wurden viereinhalb Millimeter biologisch absorbierbare Naht-Anker (Bio Corkscrew FT, Arthrex, Naples, Florida, USA) verwendet. Diese waren mit zwei Nr. 2 FiberWire (Arthrex) beladen. Die Anzahl der Anker richtete sich nach der Größe der Sehnenruptur.

In allen Fällen wurde eine arthroskopisch subacromiale Dekompression durchgeführt. Diese bestand aus einer subacromialen Bursektomie, einem Release des coracoacromialen Ligaments und einer anterior-inferioren Acromioplastik. Symptomatische acromioclaviculäre Osteoarthritiden wurden zusätzlich durch eine arthroskopisch distale Clavikularesektion bei zwei Patienten (10,5 Prozent) versorgt.

Pathologien vom langen Kopf der Bizepssehne wurden durch eine Debridement behandelt, wenn die Läsion weniger als 25 Prozent der Sehne betraf; eine Bizepsinstabilität oder schwere Sehnenläsionen (≥ 25 Prozent der Sehne involviert) wurden durch eine Bizepssehnenendenodese behandelt und in Naht-Anker-Technik (Bio Corkscrew FT, Arthrex, Naples, Florida, USA) durchgeführt. Wie von Lafosse et al. (2006) beschrieben, wurde diese bei acht Patienten (42,1 Prozent) ausgeführt.

4.2.1.2 Nachbehandlung

Nach der Operation wurde der operierte Arm mit einem Abduktionsverband versorgt und dieser musste vom Patienten sechs Wochen postoperativ getragen werden. Alle Patienten unterzogen sich außerdem folgendem Rehabilitationsprogramm:

Phase	Zeitraum	Physiotherapeutische Maßnahmen
Erste Phase	0. – 6. Woche	Eingeschränktes Bewegungsausmaß (nur passiv)
Zweite Phase	7. – 12. Woche	Eingeschränktes Bewegungsausmaß (aktiv assistiert, aktiv)
Dritte Phase	13. – 16. Woche	Muskelaufbautraining, propriozeptive Übungen

Tabelle 4: Rehabilitationsprogramm

4.2.2 Studienablauf

Vor dem Eintritt in die Studie musste jeder Patient einen Aufklärungs- und Einverständnissbogen durchlesen und nach der Besprechung von aufgetauchten Fragen mit dem Studienleiter mit seiner Unterschrift sein Einverständnis zur Teilnahme an der Studie geben. In dem Aufklärungs- und Einverständnissbogen (Abbildung 2, siehe Anhang, S. 71 - 74) wurde das Forschungsvorhaben beschrieben, Vor- und Nachteile bei Teilnahme erläutert und allgemeine Hinweise bzgl. der Studie gegeben.

Zur Anamneseerhebung und zum Festhalten der klinischen Daten wurde ein selbst erstellter Anamnese- und Untersuchungsbogen verwendet (Abbildung 3, siehe Anhang, S. 75, 76).

Des Weiteren wurden eine MRT-Untersuchung der betroffenen Schulter und eine Sonographie des M. supraspinatus beider Seiten durchgeführt.

	T0 prä OP	T1 OP	T2 6 Wochen post OP	T3 3 Monate post OP	T4 6 Monate post OP	T5 12 Monate post OP
OP		X				
Untersuchung	X			X	X	X
Sonographie	X		X	X	X	X
MRT	X			X	X	X

Tabelle 5: Studienablauf

4.2.3 Klinische Untersuchung

4.2.3.1 Anamnese

Im Erstgespräch erfolgte mit den Patienten ein standardisiertes Interview (Abbildung 3, siehe Anhang, S. 75, 76), wobei besonders auf den Verlauf der Beschwerden des Patienten eingegangen wurde.

4.2.3.2 Überprüfung der Beweglichkeit nach der Neutral-Null-Methode

Zur Prüfung der Beweglichkeit wurde die maximale aktive Abduktion, Adduktion, Extension und Retroversion bei ausgestrecktem Arm nach der Neutral-Null-Methode ermittelt und dokumentiert. Des Weiteren wurde die maximale Innen- und Außenrotation bei 90 Grad angewinkeltem Arm sowohl bei an den Körper angelegtem Ellenbogen als auch bei 90 Grad Abduktion gemessen und aufgezeichnet. Bei allen Messungen wurden auch die aktiven

Bewegungsausmaße der gesunden Schulter dokumentiert, um einen Seitenvergleich bei der Auswertung zu ermöglichen.

4.2.3.3 Kraft

Im Rahmen der klinischen Untersuchung erfolgte auch die Messung der Kraft mit dem IsoBex4.0 Muskelkraftanalysegerät (MEDICAL DEVICE SOLUTIONS AG, Oberburg, Schweiz; Abbildung 4). Der Patient wurde gebeten, den Arm in der Skapularebene möglichst bis zu einem Maximum von 90° zu abduzieren. Der Ellenbogen wurde vollständig gestreckt, wobei die palmare Handfläche zum Boden zeigen sollte. Bei der Kraftmessung sollte der Patient die Schlaufe des IsoBex-Gurtes mit seinem distalen Unterarm für jeweils etwa fünf Sekunden nach oben ziehen. Die Kraft der kranken und der gesunden Schulter wurde jeweils fünfmal gemessen und der Durchschnitt in Newton (N) dokumentiert.



Abb. 4: IsoBex 4.0 Analysegerät

4.2.3.4 Klinische Tests

Bei der klinischen Untersuchung der Schulter wurden zwei Impingement-Tests durchgeführt. Beim Impingement-Zeichen nach Neer [19, 23, 37] steht der Untersucher hinter dem

Patienten und fixiert mit einer Hand die Skapula. Die andere führt den Arm des Patienten ruckartig in Flexion und Innenrotation und provoziert so das schmerzhafte Anstoßen des Tuberculum majus am Schulterdach (Fornix humeri). Bei dem Impingement-Test nach Hawkins und Kennedy [19, 21, 23] fixiert der Untersucher die Skapula mit einer Hand, während die andere Hand den 90°-antevertierten und innenrotierten Arm adduziert. Hierbei wird ein subacromiales bzw. subcoracoidales Impingement ausgelöst.

4.2.3.4.1 Test der Rotatorenmanschette

Zur klinischen Überprüfung der Rotatorenmanschette wurden folgende Tests angewendet:

Supraspinatussehne:

Zur Prüfung der Halterfunktion des M. supraspinatus wurde der *Jobe-Test* (Empty-Can-Test) [19, 22-24] angewendet. Der Patient versucht, den um 90 Grad abduzierten, um etwa 30 Grad horizontalflektierten und innenrotierten Arm gegen den Druck von kranial zu halten. Beim *Null-Grad-Abduktionstest* [19, 22, 23] wurde die Starterfunktion des M. supraspinatus geprüft. Der Patient versucht bei diesem Test, die am Körper anliegenden Arme gegen den Widerstand des Untersuchers zu abduzieren.

Infraspinatussehne / Sehne des M. teres minor

Die Überprüfung des M. infraspinatus erfolgte mit dem Abduktions-Außenrotationstest nach Patte [4, 19, 23] bei 90-Grad-Abduktion, bei dem der Arm des Patienten um 90 Grad abduziert und um 30 Grad horizontalflektiert wird. In dieser Stellung lässt man den Patienten gegen den Widerstand des Untersuchers außenrotieren. Eine fehlende aktive Außenrotation in Abduktionsstellung des Armes spricht für eine klinisch relevante Ruptur des M. infraspinatus.

Subscapularissehne

Zur Überprüfung des M. subscapularis kam der Lift-off-Test nach Gerber [14, 19, 23] zur Anwendung. Der Patient wird aufgefordert, die Handrückenfläche auf den Rücken zu legen.

Danach soll er die Hand bei Beibehaltung dieser Armstellung vom Rücken wegbewegen. Ist dies möglich, übt der Untersucher einen steigenden Gegendruck auf die Hand des Patienten aus, um die Funktionalität des M. subscapularis zu testen.

4.2.3.5 Angewandte Scores

4.2.3.5.1 Constant Murley Score

Mit dem Score nach Constant und Murley (Abbildung 5, siehe Anhang, S. 77, 78) wurde ein funktionelles Bewertungsverfahren der Schulter entwickelt, das eine leichte und wiederholbare Bewertung der Schulterfunktion zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Verletzung erlaubt [50] und eine Kombination aus subjektiver und objektiver Beurteilung zulässt.

Der Score beinhaltet die Funktionsparameter Schmerz, Aktivität des täglichen Lebens, aktive, schmerzfreie Mobilität und Kraft. Es können maximal 100 Punkte (35 für subjektive und 65 für objektive Parameter) erreicht werden. 15 Punkte werden in der Kategorie „Schmerz“ verteilt, 20 Punkte sind es in der Rubrik „Aktivität des täglichen Lebens“. Auf der Seite der objektiven Parameter stehen der „Bewegungsumfang“, bei dem 40 Punkte erreicht werden können und die Kategorie „Kraft“, in der maximal 25 Punkte erzielbar sind. Bei der Bewertung der Kraft wurde pro gemessenem Englischen Pfund (lb) ein Punkt vergeben [7]. Hierzu musste die in Newton (N) gemessene Kraft mit folgender Formel umgerechnet werden: $N = g \cdot m$ (Newton = Erdbeschleunigungskraft * Masse) $\Leftrightarrow m = N / g$

($g = 9,81 \text{ Meter/Sekunde}^2$; $N \text{ (Kilogramm} \cdot \text{Meter/ Sekunde}^2)$; $m \text{ (Kilogramm)}$; $1 \text{ Kilogramm} \approx 2,2 \text{ Englische Pfund}$; $1 \text{ lb} \approx 4,448 \text{ N}$; $1 \text{ N} \approx 0,225 \text{ lb}$)

An Hand einer von C. R. Constant aufgestellten Referenzwerttabelle (Abbildung 6, siehe Anhang, S. 79), in der Normwerte für das männliche und weibliche Geschlecht bezogen auf ihr Alter aufgelistet sind, wurden die bei dem Constant Murley Score erbrachten Gesamtpunkte in Prozentangaben umgerechnet und somit alters- und geschlechtsadaptiert notiert [8]. Wenn im weiteren Verlauf die Werte des Constant Murley Scores aufgeführt werden - ist falls nicht anders beschrieben - der alters- und geschlechtsadaptierte Wert dargestellt.

4.2.3.5.2 Simple Shoulder Test

Um die Einschränkung durch die betroffene Schulter in alltäglichen Lebenssituationen möglichst genau zu erfassen, haben wir die Patienten mit Hilfe des Simple Shoulder Tests befragt, der eine rein subjektive Beurteilung zulässt (Abbildung 7, siehe Anhang, S. 80). Mit diesem Fragebogen wird innerhalb von zwölf Fragen überprüft, wie der Patient in täglichen Lebenssituationen durch seinen betroffenen Arm beeinträchtigt ist. Hierbei werden sowohl bewegungsbedingte als auch schmerzbedingte Einschränkungen aufgezeichnet. Minimal sind null Punkte, maximal sind zwölf Punkte zu erreichen [29].

4.2.3.5.3 SF 36 Fragebogen

Um die gesundheitsbezogene Lebensqualität zu erfassen, wurde der rein subjektive Fragebogen "SF-36" verwendet [5]. Der SF-36 erfasst acht Dimensionen, die sich konzeptuell in die Bereiche körperliche Gesundheit und psychische Gesundheit einordnen lassen: Körperliche Funktionsfähigkeit, Körperliche Rollenfunktion, Körperliche Schmerzen, Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, Soziale Funktionsfähigkeit, Emotionale Rollenfunktion und Psychisches Wohlbefinden (Abbildung 8, siehe Anhang, S. 81 - 83). Nach der Durchführung erfolgte die Umkodierung der einzelnen Items, wobei nach der Auswertung eine maximale Punktzahl von 150 Punkten erreicht werden konnte.

4.2.4 Bildgebende Verfahren

4.2.4.1 MRT

Bei der kernspintomographischen Untersuchung, die in der Klinik für diagnostische und interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums des Saarlandes durchgeführt wurde, wurde der MAGNETOM Avanto Tim (Siemens AG, Erlangen) eingesetzt (Abbildung 9).



Abb. 9: Siemens MAGNETOM Avanto Tim (mit freundlicher Genehmigung der Siemens AG, Erlangen)

Das 1,5 Tesla-System wurde in Kombination mit einer Lagerungsschiene von Siemens (Schulter-Array-Spule, 15T 4channel flex large bzw. small, Siemens AG, Erlangen) verwendet. Alle Patienten wurden mit einem standardisierten Sequenzprotokoll präoperativ und postoperativ untersucht. In der koronaren Ebene wurden bei der betroffenen Schulter T1- und TIRM-gewichtete (T2-) Sequenzen aufgenommen. In der sagittalen Ebene wurden nur T1-gewichtete Sequenzen verwendet.

4.2.4.1.1 Retraktionsgrad der Sehne nach Patte

Der präoperative Retraktionsgrad der Sehne nach der Rotatorenmanschettenruptur wird an Hand der Klassifikation nach Patte [41] erfasst. Dabei werden in der Koronarebene in T2-gewichteten MRT-Bildern drei Stadien unterschieden.

Stadium I	Retraktion des Sehnenstumpfes bis maximal zur Mitte des Humerus (Abb. 10)
Stadium II	Retraktion des Sehnenstumpfes bis zum Glenoid (Abb. 11)
Stadium III	Retraktion des Sehnenstumpfes medial des Glenoids (Abb.12)

Tabelle 6: Einteilung des Retraktionsgrades



Abb. 10: Sehnenretraktion Grad I



Abb. 11: Sehnenretraktion Grad II



Abb. 12: Sehnenretraktion Grad III

4.2.4.1.2 Muskuläre Atrophie nach Thomazeau

In der sagittalen MRT-Aufnahme des Schultergelenks (Y-Aufnahme) wird in den T1-Sequenzen die Atrophie der Rotatorenmanschette in Anlehnung an die Einteilung nach Thomazeau [49] gemessen. Um eine exakte Reproduzierbarkeit der prä- und postoperativen Schnittebenen zu gewährleisten, wurde diejenige Schnittebene zur Erfassung des Atrophiegrades herangezogen, auf der die Coracoidbasis und die Spina scapulae durchgehend noch in Kontakt mit dem restlichen Skapulakörper vorzufinden waren (Abbildung 13). Nun wurde eine Gerade von dem Oberrand des Coracoids zum Oberrand der Spina scapulae gezogen. Von dieser Geraden konnten wir nun jeweils senkrecht nach oben und unten zum einen die Anteile der Muskulatur und zum anderen die Fettanteile abmessen und gegenseitig ins Verhältnis setzen (Muskel-Fett-Verhältnis). Somit konnten wir den von Thomazeau beschriebenen Occupational ratio (Durchmesser des Muskels im Verhältnis zur Fossa) standardisiert bestimmen (Abbildung 14) [49].

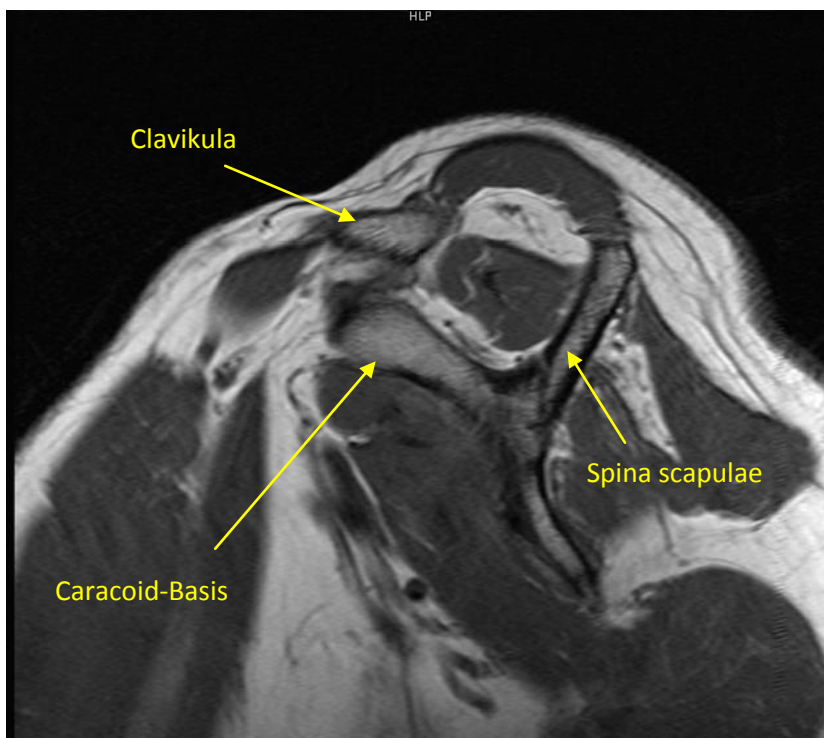


Abb. 13: sagittale MRT-Aufnahme des Schultergelenks (Y-Aufnahme) in T1-Gewichtung

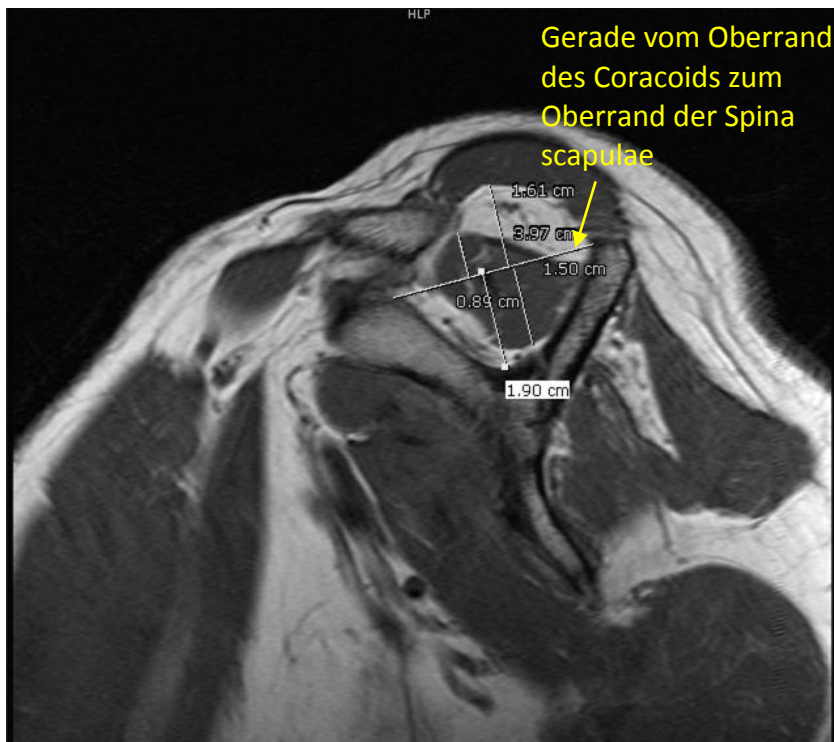


Abb. 14: Ausmessungsvorgang zur Erfassung des Atrophiegrades

4.2.4.1.3 Fettige Degeneration nach Goutallier

Die Diagnose der fettigen Infiltration der Rotatorenmanschette wurde durch das Auftreten von linearen Bändern entlang der Fiederung des M. supraspinatus und M. infraspinatus gestellt [35, 36]. Fabis et al. und Uhthoff et al. [10, 52] wiesen in histologischen Studien nach, dass die Fetteinlagerung außerhalb der Muskelzelle im Interstitium und in den Muskelsepten zwischen den Muskelfaserbündeln erfolgt.

Somit wurde die fettige Degeneration in CT-Bildern entsprechend einer Klassifikation nach Goutallier [16] mit fünf Gradeinteilungen bewertet:

Grad 0	Komplett normaler Muskel ohne fettige Streifen
Grad 1	Einige fettige Streifen
Grad 2	Fortgeschrittene fettige Infiltration, mehr Muskel als Fett
Grad 3	Fett- und Muskelanteile gleich groß
Grad 4	Fettanteile größer Muskelanteile

Tabelle 7: Einteilung der fettigen Degeneration nach Goutailler

In Anlehnung an diese Klassifikation wiesen Fuchs et al. [12] nach, dass T1-gewichtete MRT-Aufnahmen nahezu die gleiche Aussagekraft über die fettige Degeneration wie CT-Bilder liefern können, da sich Fett in den T1-gewichteten Sequenzen signalreicher als der normale Muskel darstellt [35, 36]. Auch Pfirrmann et al. [42] stellten in ihrer Studie fest, dass die Kernspin-Untersuchung passend und aussagekräftig zur Feststellung des Fettgehaltes der Rotatorenmanschettenmuskulatur ist.

4.2.4.1.4 Sehnenintegrität nach Sugaya

An Hand der Sugaya-Klassifikation [47] wurde von uns die Sehnenintegrität zwölf Monate nach der Operation erfasst. Sugaya et al. teilen die postoperative Sehnenintegrität in fünf Kategorien ein. Dabei wird die Sehne in T2-gewichteten MRT-Aufnahmen in der koronaren, in der schräg sagittalen und in der transversalen Ebene begutachtet:

Stadium I	Suffiziente Dicke der rekonstruierten Sehne, Sehnenkontinuität erhalten, homogene niedrige Signalintensität im Vergleich zu normalen Sehnen
Stadium II	Suffiziente Dicke der rekonstruierten Sehne, Sehnenkontinuität erhalten, teilweise Gebiete mit höherer Signalintensität
Stadium III	Sehrendicke um mindestens die Hälfte vermindert, Sehnenkontinuität erhalten (Hinweis auf einen partiellen Einriss)
Stadium IV	Geringe Diskontinuität in einem oder zwei aufeinander folgender MRT-Bildern in Sagittal- und Koronarebene (kleiner Riss durch die gesamte Sehne hindurch)
Stadium V	Große Diskontinuität in mehr als zwei aufeinander folgenden MRT-Aufnahmen in Sagittal- und Koronarebene (mittlerer bis großer Riss durch die gesamte Sehne hindurch)

Tabelle 8: Einteilung der Sehnenintegrität

4.2.4.2 Sonografie

Die Ultraschalluntersuchungen wurden in der Neurologischen Klinik des Universitätsklinikums des Saarlandes von zwei erfahrenen Untersuchern durchgeführt (Sonoline Antares, Siemens AG, Erlangen). Es wurde ein linearer Schallkopf (VFX 9-4 Multi D) mit einer Frequenzbandbreite von 9 - 4 MHz verwendet. Die Bildübertragung erfolgte im Echtzeitverfahren (Real-time-Verfahren). Die zur Auswertung herangezogenen Bilder wurden digital gespeichert und vermessen.

4.2.4.2.1 Technik der Schultersonographie

Während der Patient aufrecht auf einem Stuhl vor dem Untersucher saß, wurde die Schultersonographie nach einer standardisierten, zuvor publizierten Methode ausgeführt [56].

Der Muskelbauch des M. supraspinatus wurde evaluiert, während der Patient seine Hand für die Untersuchung auf den vorderen ipsilateralen Oberschenkel legte. Jeder Muskelbauch wurde in zwei Ebenen beurteilt. In der ersten Ebene, die parallel zu der zentralen Sehne des M. supraspinatus liegen sollte, wurde der Längsschnitt des Muskels beurteilt. Hierbei orientiert sich der Untersucher 45 Grad zwischen der Sagittal- und der Koronarebene, um den longitudinalen Verlauf der Supraspinatussehne aufzuzeigen [33, 46]. Die zweite Ebene ist die Senkrechte zu der langen Mittelachse des Muskelbauches und steht senkrecht zu der ersten Bildebene (Abbildung 15). Die Schicht mit dem größten Durchmesser des Muskelbauches wurde in dieser Ebene ermittelt (Abbildung 16, 17).



Abb. 15: sonographische Beurteilung des M. supraspinatus der linken Seite im Querschnitt



Abb. 16: sonographische Darstellung des M. supraspinatus im Querschnitt



Abb. 17: sonographische Darstellung des M. supraspinatus im Längsschnitt

4.2.4.2.2 Punktescore des M. supraspinatus

Wir haben die Sonographiebilder nach zwei verschiedenen Auswertungskriterien beurteilt:

Strobel et al. [46] haben in einer zuvor durchgeführten Studie zur Evaluierung der fettigen Atrophie zum einen die Sichtbarkeit der Muskelkonturen, der Längsfaserung und der zentralen Sehne und zum anderen die Muskelechogenität herangezogen. Erst beim Erreichen von Stadium II von eines der vorangegangenen Auswertungskriterien wird die Diagnose einer fettigen Atrophie gestellt:

	Sichtbarkeit (Muskelkonturen, Längsfaserung, zentrale Sehne)	Muskelechogenität (im Vergleich zum M. deltoideus)
Grad 0	Deutlich sichtbar	Iso- oder hypoechogen
Grad 1	Nur teilweise sichtbare Strukturen	Geringfügig hyperechogener
Grad 2	Strukturen nicht mehr sichtbar	Deutlich hyperechogener
Fettige Atrophie	Vorliegen von mindestens Grad 2 bei dem Kriterium der Sichtbarkeit und/oder der Muskelechogenität	

Tabelle 9: Auswertung nach Strobel [46]

Zum anderen wurden die in nachstehender Tabelle (Tabelle 10) aufgeführten Daten erhoben und mit dem Punktesystem nach Forst [11] bewertet. Auf Grund der teils unterschiedlichen Qualität der Sonographiebilder im Quer- und Längsschnitt des M. supraspinatus wurden bei der Auswertung jeweils beide Bilder herangezogen. Im Vergleich zwischen längs- und quergeschnittenem M. supraspinatus wurde nun der bestmögliche Wert zu jedem Kriterium notiert und die einzelnen Punkte zum Gesamtergebnis zusammengerechnet. Pro Kriterium konnten minimal null Punkte und maximal zwei Punkte erreicht werden, so dass pro Ultraschallbild maximal zehn Punkte erreicht werden konnten.

Faszien	Längsfaserung	Septierung	Parenchymecho	Knochenecho	Punkte
nicht abgrenzbar	nicht abgrenzbar	nicht abgrenzbar	sehr hell, keine Strukturen abgrenzbar	Knochenkante nicht abgrenzbar, kein Schallschatten	0
gerade noch abgrenzbar	gerade noch abgrenzbar	gerade noch abgrenzbar	hell, aber noch Strukturen abgrenzbar	Knochenkante und Schallschatten gerade noch abgrenzbar	0.5
mäßig abgrenzbar	mäßig abgrenzbar	mäßig abgrenzbar	mäßig erhöhte Echogenität	Knochenkante und Schallschatten abgrenzbar	1
gut abgrenzbar	gut abgrenzbar	gut abgrenzbar	leicht erhöhte Echogenität	Knochenkante und Schallschatten gut abgrenzbar	1.5
scharf abgrenzbar	scharf abgrenzbar	scharf abgrenzbar	dunkles Parenchymecho	scharfe, sehr helle Kontur, schwarzer Schallschatten	2

Tabelle 10: Kriterien der Sonographieauswertung mit Punktevergabesystem

4.2.5 Statistische Auswertung

Die primäre Datenerfassung erfolgte in einer Excel-Tabelle, die zur weiteren statistischen Auswertung in SPSS (Windows, Version 11.5) übertragen wurde. Zur statistischen Auswertung wurden SPSS und GPower (Windows, Version 3.1) angewendet.

Für alle untersuchten Parameter wurden der Median, der Mittelwert, die Standardabweichung, die Minimal- und die Maximalwerte ermittelt. Zur Anwendung kam der T-Test für verbundene Stichproben, der T-Test für unverbundene Stichproben und die Regressionsanalyse.

5. Ergebnisse

5.1 Epidemiologische Daten

Das durchschnittliche Patientenalter betrug 58,6 Jahre (42 - 74 Jahre). Dabei lag das Durchschnittsalter der weiblichen Studienteilnehmerinnen bei 54 Jahren, das der männlichen Probanden bei 61,9 Jahren.

Von den Patienten, die in die Studie eingeschlossen waren und die die Studie vollständig durchgeführt haben, waren 13 männlich (68,4 Prozent) und sechs weiblich (31,6 Prozent).

5.2 Anamnese

Bei der Befragung nach dem ausgeführten Beruf und nach die Schulter schwer belastenden Arbeiten gaben zehn der 19 Patienten (52,64 Prozent) an, dass der Einsatz der Schulter im täglichen Arbeitsprozess hoch ist beziehungsweise war.

Zwölf Rotatorenmanschettenrupturen ereigneten sich auf der dominanten Seite der Patienten (63,2 Prozent), die Gegenseite war siebenmal betroffen (36,8 Prozent). Bei elf Patienten war die rechte Schulter betroffen (57,9 Prozent), bei acht Patienten die linke (42,1 Prozent).

Bei 15 Patienten traten die Beschwerden auf, nachdem ein traumatisches Ereignis eingetreten war (78,9 Prozent). Hiervon hatte ein Patient bereits vor dem Trauma leichte Beschwerden. Bei vier Patienten nahmen die Beschwerden langsam progredient zu, ohne dass dem Patienten ein Trauma bewusst gewesen ist (21,1 Prozent).

Drei Patienten berichteten, dass sie vor ihrer Rotatorenmanschettenruptur schon einmal andere Verletzungen am betroffenen Arm hatten (15,8 Prozent). Hierzu berichteten sie von einer distalen Bizepssehnenruptur, einem Oberarmbruch (proximale Humerusfraktur) oder einem Tennisellenbogen (Epicondylitis humeri lateralis).

Bei der Frage, ob Voroperationen an dem betroffenen Arm erfolgt sind, gab ein Patient eine Rekonstruktion einer distalen Bizepssehnenruptur an und ein weiterer Patient eine operative Versorgung einer Humerusfraktur.

5.3 Klinische Tests

Bei 18 Patienten wurde präoperativ ein positiver Jobe-Test durchgeführt (94,7 Prozent). Zwölf Monate postoperativ gaben nur noch vier Patienten Schmerzen bei diesem Test an (21 Prozent). Bei neun Patienten kam es zu einer positiven Impingementtestung nach Neer (47,4 Prozent). Genauso viele gaben auch Schmerzen bei Testung nach Kennedy-Hawkins an. Nach der einjährigen postoperativen Untersuchung kam es nach Neer zu drei (15,8 Prozent) und nach Kennedy-Hawkins zu zwei (10,5 Prozent) positiven Ergebnissen. Der Lift-off-Test war präoperativ zwölfmal (63,2 Prozent), postoperativ dreimal positiv. Beim Außenrotationstest nach Patte gaben 14 Patienten präoperativ Schmerzen an (73,7 Prozent), zwölf Monate postoperativ war dies noch bei einem Patienten der Fall (5,3 Prozent).

Bei der Beweglichkeitsmessung wurde präoperativ eine durchschnittliche Anteversion von $116,1 \pm 39$ Grad am betroffenen Arm gemessen, die sich bis zur Abschlussuntersuchung zwölf Monate nach der Operation auf $155,8 \pm 25,2$ Grad signifikant ($p=0,002$) verbesserte (Abbildung 18, Tabelle 11).

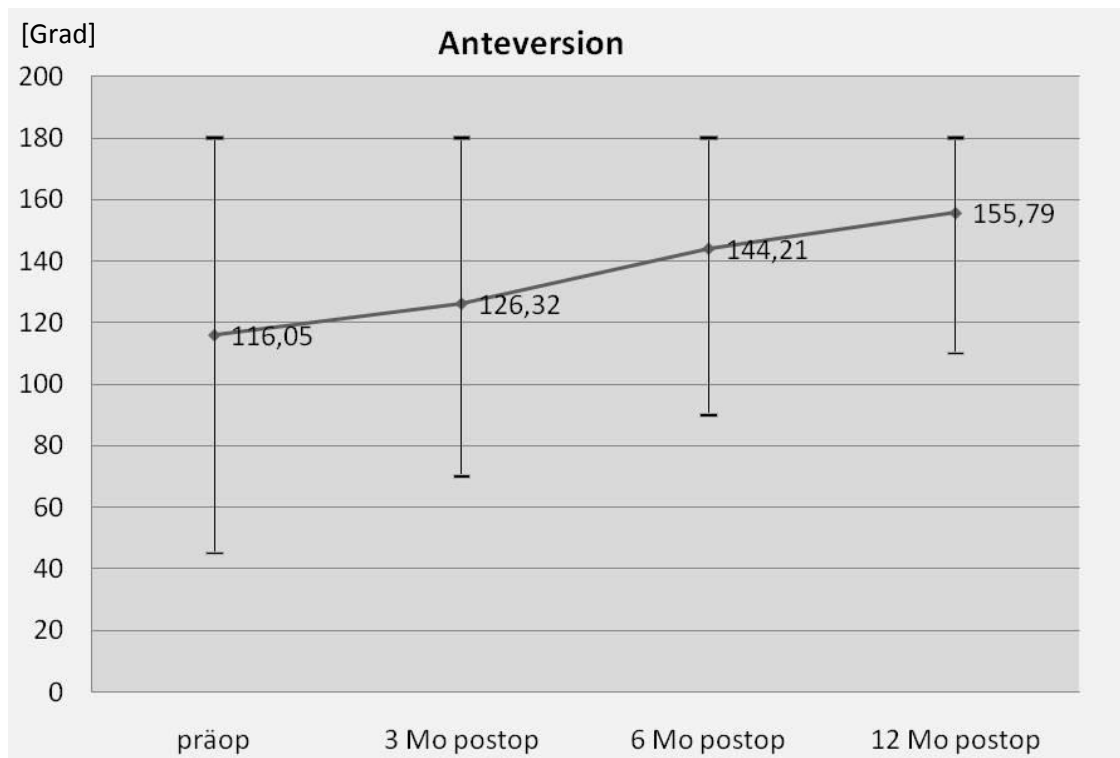


Abb. 18: Verlauf der Anteversion des betroffenen Armes

[Grad]	Anteversion präop	Anteversion 03 M	Anteversion 06 M	Anteversion 12 M
Mittelwert	116,1	126,3	144,2	155,8
Median	110	130	150	170
Standardabweichung	39	33,2	31,5	25,2
Minimum	45	70	90	110
Maximum	180	180	180	180

Tabelle 11: Verlauf der Anteversion des betroffenen Armes

Im Vergleich zum gesunden Arm wurde zwölf Monate postoperativ eine verminderte Anteversion gemessen. Der durchschnittliche Wert bei der betroffenen Schulter lag bei 155,8 +/- 25,2 Grad und der des gesunden Armes bei 167,4 +/- 14,1 Grad.

Ebenfalls wurde die Beweglichkeit für die Abduktion und die Außenrotation bei 90 Grad angebeugtem Ellenbogen festgehalten (Abbildung 19, 20 und Tabelle 12). Bei der Abduktion

verbesserten sich die präoperativ gemessenen Werte von 99,5 +/- 32,2 Grad auf zwölf Monate postoperativ erhobene Werte von 137,4 +/- 32,8 Grad ($p=0,002$). Bei der Außenrotation verbesserten sich die präoperativ ermittelten Werte von präoperativen 44 +/- 21,6 Grad auf zwölf Monate postoperativ gemessene Werte von 62,1 +/- 12,7 Grad ($p=0,001$).

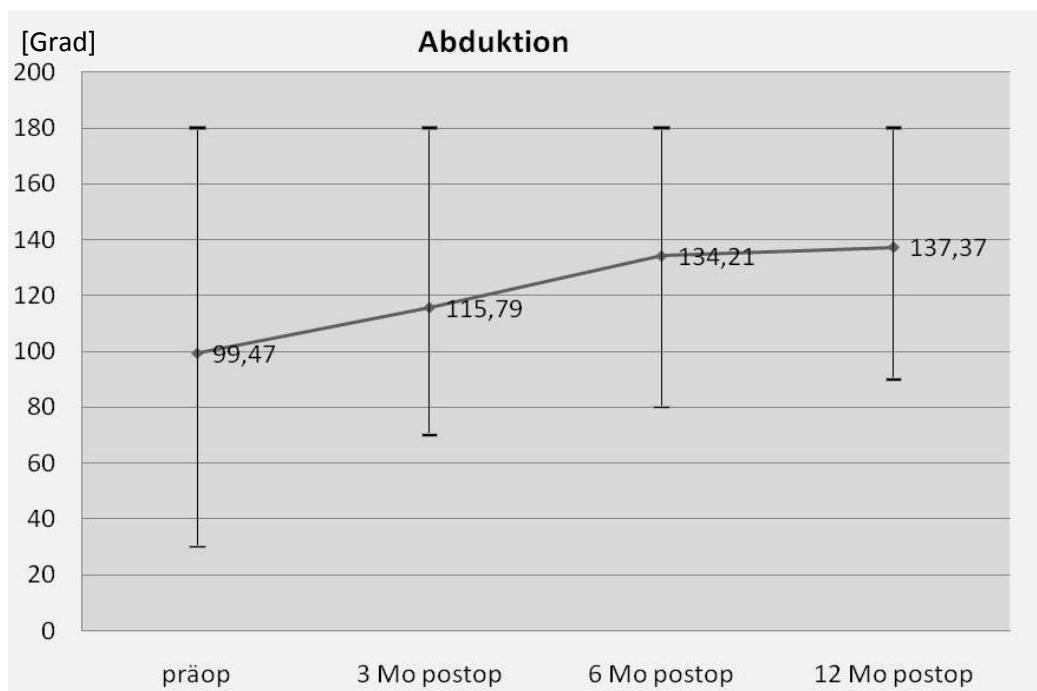


Abb. 19: Verlauf der Abduktion des betroffenen Armes

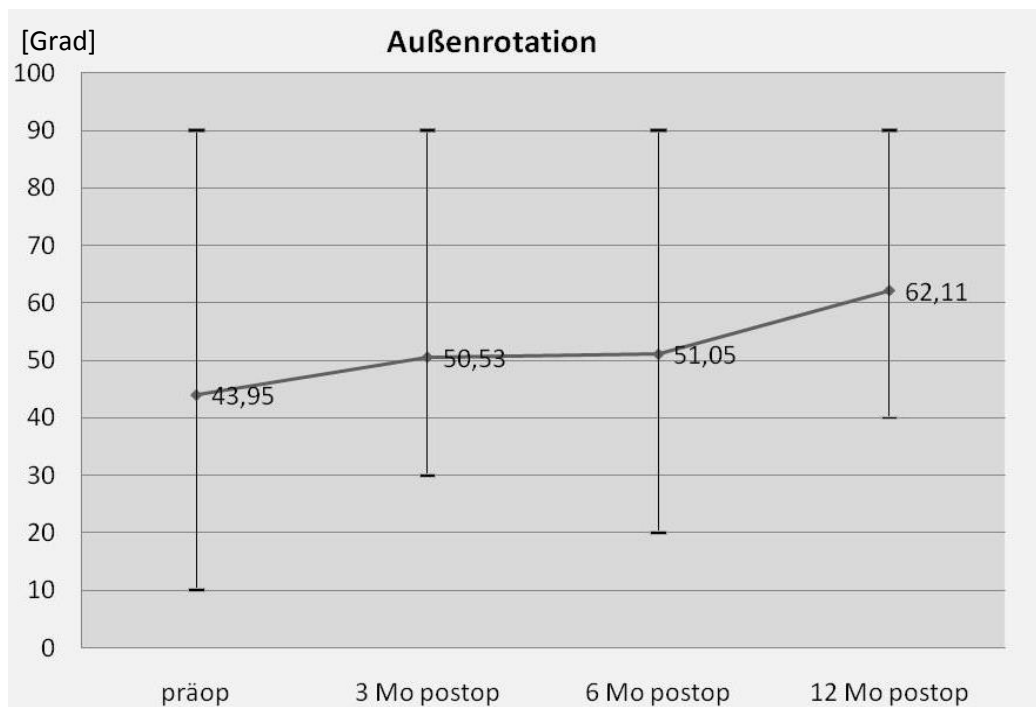


Abb. 20: Verlauf der Außenrotation des betroffenen Armes

[Grad]	Abduktion präop	Abduktion 03 M	Abduktion 06 M	Abduktion 12 M	Außenrotation präop	Außenrotation 03 M	Außenrotation 06 M	Außenrotation 12 M
Mittelwert	99,5	115,8	134,2	137,4	44	50,5	51,1	62,1
Median	100	110	140	140	40	50	50	60
Standardabweichung	32,2	34,1	35	32,8	21,6	18,4	20,5	12,7
Minimum	30	70	80	90	10	30	20	40
Maximum	180	180	180	180	90	90	90	90

Tabelle 12: Verlauf der Abduktion und Außenrotation des betroffenen Armes

Zwölf Monate postoperativ ist die Schultergelenksbeweglichkeit bei den meisten Patienten deutlich gestiegen. Im Vergleich zur Beweglichkeit der gesunden Schulter war sie allerdings immer noch eingeschränkt (Tabelle 13).

[Grad]	Mittelwert	Standardabweichung
Anteversion kranker Arm	155,8	25,2
Anteversion gesunder Arm	167,4	14,1
Abduktion kranker Arm	137,4	32,8
Abduktion gesunder Arm	160	17
Außenrotation kranker Arm	62,1	12,7
Außenrotation gesunder Arm	73,2	14,6

Tabelle 13: Vergleich der Beweglichkeit zwischen betroffener und gesunder Schulter zwölf Monate postoperativ

Die Kraft beider Arme wurde im Verlauf der Studie erfasst (Abbildung 21, 22 und Tabelle 14). Beim betroffenen Arm stieg die Kraft signifikant von präoperativ gemessenen 8,2 +/- 7,8 N auf zwölf Monate postoperativ erhobene 11,8 +/- 6,2 N ($p=0,006$). Die zwölf Monate postoperativ gemessene Kraft blieb allerdings beim Großteil der Patienten unter dem

Kraftniveau des gesunden Armes, das im Durchschnitt einen Mittelwert zwischen 13,9 +/- 8,5 N betrug.

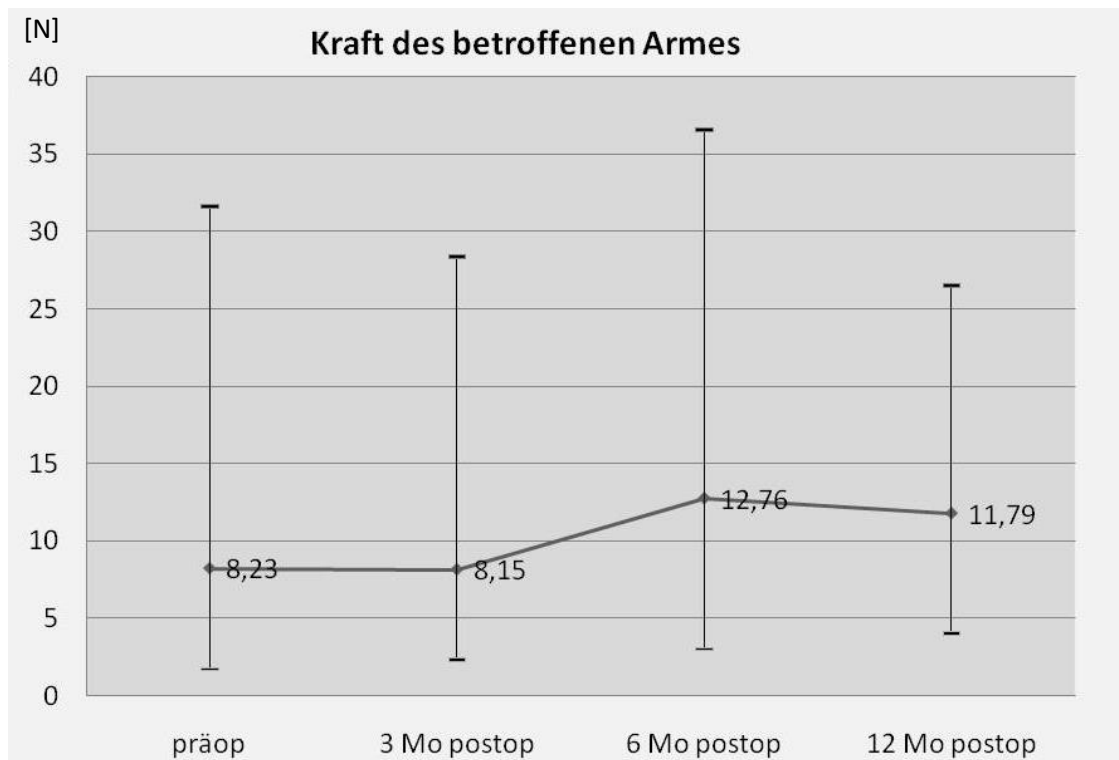


Abb. 21: Verlauf der Kraftentwicklung des betroffenen Armes

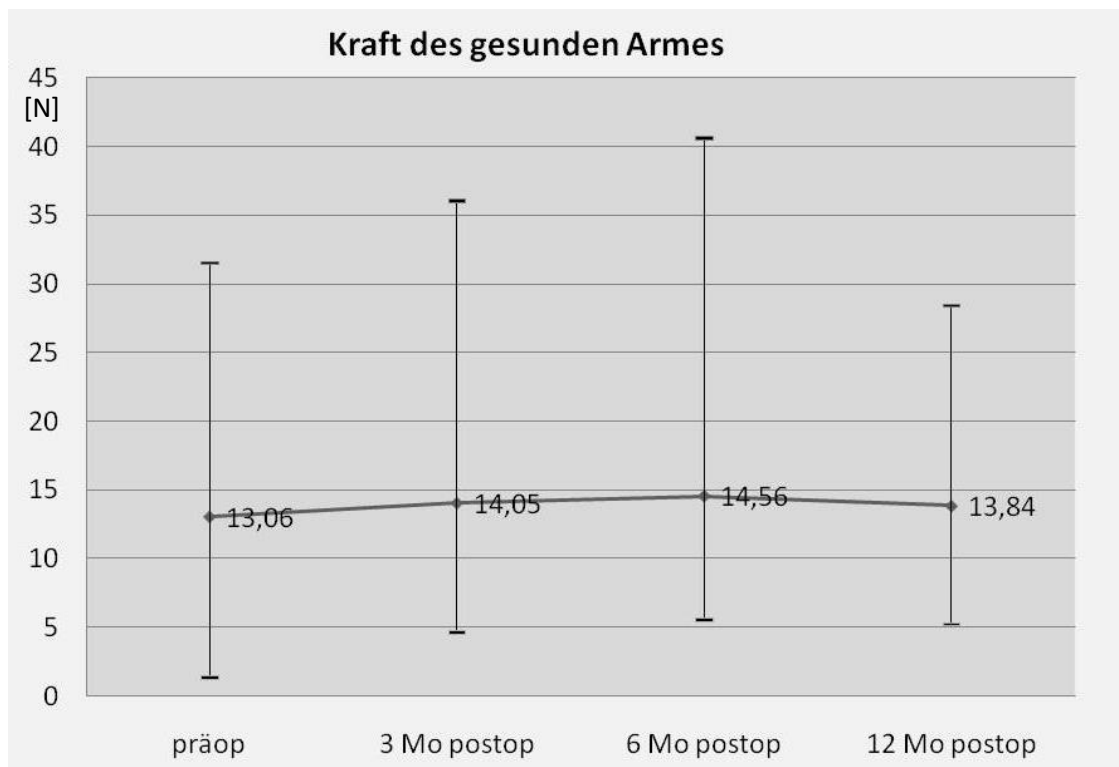


Abb. 22: Verlauf der Kraftentwicklung des gesunden Armes

[N]	Kraft krank präop	Kraft krank 03 M	Kraft krank 06 M	Kraft krank 12 M	Kraft gesund präop	Kraft gesund 03 M	Kraft gesund 06 M	Kraft gesund 12 M
Mittelwert	8,2	8,2	12,8	11,8	13,1	14,1	14,6	13,8
Median	5,4	7,1	9,3	9,8	10	10,6	11,1	12,2
Standardabweichung	7,8	6,9	9,4	6,2	8,4	9,1	9,2	7,4
Minimum	1,7	2,3	3	4	1,3	4,6	5,5	5,2
Maximum	31,6	28,4	36,6	26,5	31,5	36	40,6	28,4

Tabelle 14: Vergleich der Kraftentwicklung auf der betroffenen Seite im Verlauf

Der Kraftunterschied zwölf Monate postoperativ zwischen gesundem und operiertem Arm betrug $2 \pm 1,2$ N ($p=0,034$). Die Werte sind in nachstehender Abbildung 23 und Tabelle 15 dargestellt.

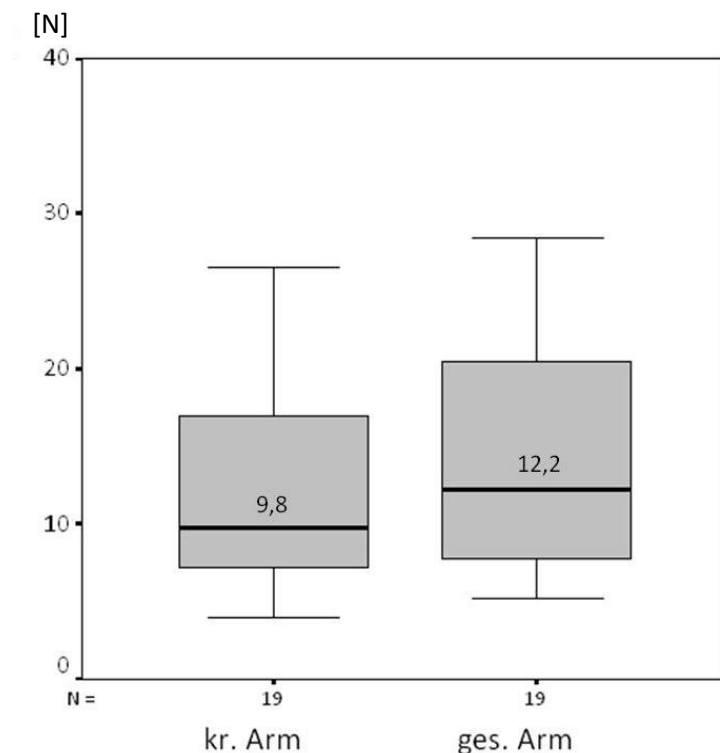


Abb. 23: Vergleich der Kraftergebnisse zwischen gesundem und betroffenem Arm bei der Abschlussuntersuchung zwölf Monate postoperativ

[N]	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Kraft kranker Arm	9,8	11,8	6,2
Kraft gesunder Arm	12,2	13,8	7,4

Tabelle 15: Ergebnisse der Kraftmessung des gesunden und betroffenen Armes zwölf Monate postoperativ

5.4 Constant Murley Score

Mit dem Constant Murley Score (CMS) wurden die Parameter Schmerz, Aktivität des täglichen Lebens, aktive und schmerzfreie Mobilität und Kraft festgestellt und zusammengefasst. Im Verlauf zeigte sich eine stetige Zunahme des Mittelwertes. Der präoperativ erhobene Wert von 64,6 +/- 17,7 Prozent steigerte sich bis zur zwölf Monate postoperativen Untersuchung auf 97,4 +/- 24,8 Prozent ($p < 0,0005$). Die Ergebnisse des Constant Murley Scores sind nachfolgend in Abbildung 24 und in Tabelle 16 aufgeführt.

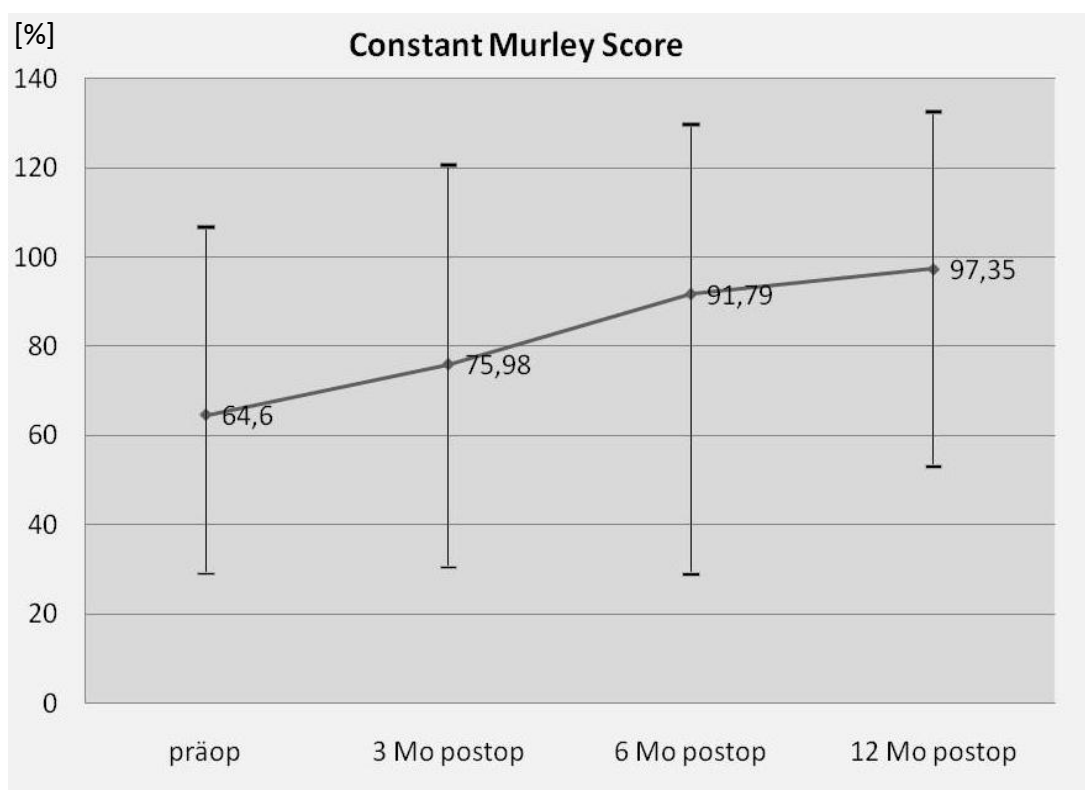


Abb. 24: Verlauf der Werte des Constant Murley Scores

[%]	CMS präop	CMS 03 M	CMS 06 M	CMS 12 M
Mittelwert	64,6	76	91,8	97,4
Median	65,1	73,9	88,4	101,2
Standardabweichung	17,7	22,8	25,5	24,8
Minimum	29	30,4	28,8	53
Maximum	106,6	120,7	129,7	132,6

Tabelle 16: Ergebnisse des Constant Murley Scores im Verlauf

Um einen Überblick zu geben, wie die Werte des Constant Murley Scores ohne Alters- und Geschlechtsadaptierung ausgefallen sind, sind diese Ergebnisse nachfolgend aufgeführt.

Einen Wert von 51,3 +/- 15,3 Punkten wurde in der präoperativen Untersuchungsreihe im nicht alters- und geschlechtsadaptierten Constant Murley Score vorgefunden. Die postoperative Dreimonatsuntersuchung ergab einen Wert von 62,1 +/- 18,4 Punkten, in der sechs monatigen postoperativen Testung wurde ein Wert von 74,8 +/- 20 Punkten festgestellt. In der zwölf Monate postoperativen Untersuchung wurde ein durchschnittlicher Wert von 79,1 +/- 18,1 Punkten erreicht.

5.5 Simple Shoulder Test

Ein weiterer Auswertungsbogen, der im Verlauf der Studie zum Einsatz kam, war der Simple Shoulder Test. Maximal sind in diesem Fragebogen zwölf Punkte und minimal null Punkte zu erreichen. Die präoperativ ermittelten Werte von 4,6 +/- 2,6 Punkten verbesserten sich auf zwölf Monate postoperativ gemessene Werte von 9,6 +/- 2,8 Punkten ($p < 0,0005$). Die Ergebnisse sind in Abbildung 25 und Tabelle 17 zu finden.

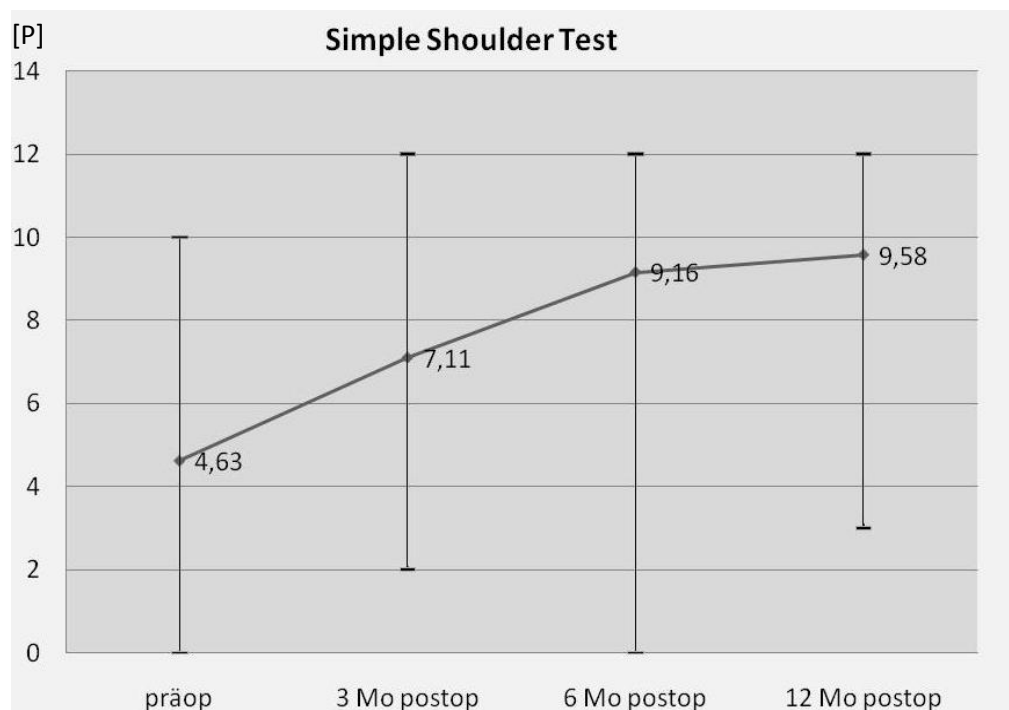


Abb. 25: Verlauf der Werte des Simple Shoulder Tests

[Punkte]	SST präop	SST 03 M	SST 06 M	SST 12 M
Mittelwert	4,6	7,1	9,2	9,6
Median	5	7	10	11
Standardabweichung	2,6	2,4	3	2,8
Minimum	0	2	0	3
Maximum	10	12	12	12

Tabelle 17: Ergebnisse des Simple Shoulder Tests im Verlauf

5.6 SF36

Zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wurde der SF36-Fragebogen im Verlauf der Schulterstudie eingesetzt, der sowohl psychische als auch körperliche Gesichtspunkte berücksichtigt. Die präoperativ erhobenen Werte von 111,4 +/- 16,8 Punkten stiegen auf 119,1 +/- 20,2 Punkte in der zwölf Monate postoperativ durchgeführten Untersuchung ($p=0,01$). Die erfassten Werte im Verlauf sind in Abbildung 26 und Tabelle 18 dargestellt.

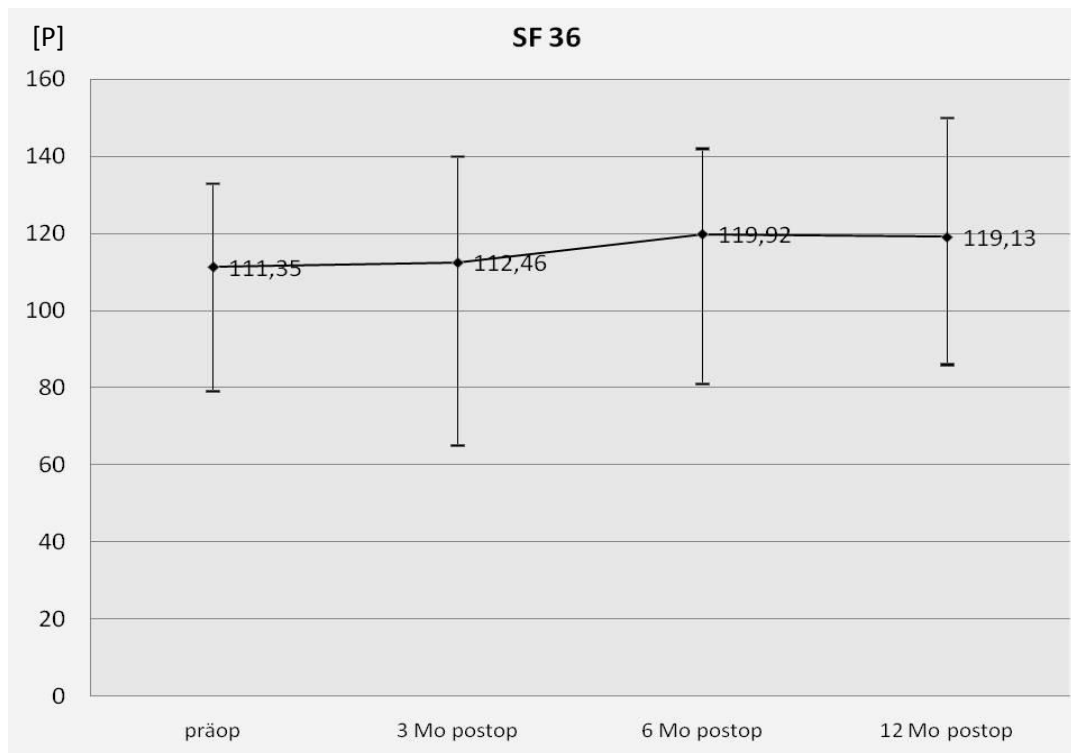


Abb. 26: Verlauf der Werte des SF36-Fragebogens im Verlauf

[Punkte]	SF36 präop	SF36 03 M	SF36 06 M	SF36 12 M
Mittelwert	111,4	112,5	119,9	119,1
Median	116,5	114,6	127,4	126,8
Standardabweichung	16,8	19	18,6	20,2
Minimum	79	65	81	86
Maximum	133	140	142	150

Tabelle 18: Ergebnisse des SF36-Fragebogens im Verlauf

5.7 Gegenüberstellung der klinischen Daten

Es zeigte sich zwölf Monate postoperativ eine positive signifikante Korrelation zwischen dem CMS und dem SF36 ($p=0,04$, $r=+0,474$). Damit konnte nachgewiesen werden, dass bessere Ergebnisse im CMS zu einer besseren Einschätzung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität führte. Die Korrelation ist in Abbildung 27 dokumentiert.

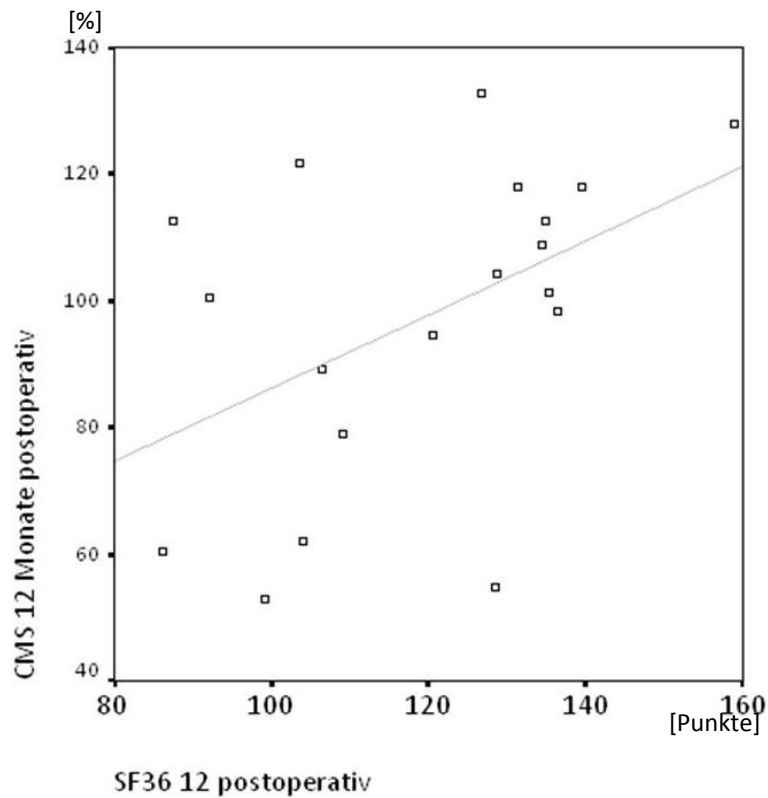


Abb. 27: Korrelation der Werte zwölf Monate postoperativ von CMS und SF36

Ebenfalls zeigte sich zwölf Monate postoperativ eine positive signifikante Korrelation zwischen dem alters- und geschlechtsadaptierten CMS und dem SST ($p < 0,0005$, $r = 0,808$). Die Korrelation ist in Abbildung 28 dargestellt. Damit konnten wir belegen, dass bessere Ergebnisse im CMS zu einer besseren subjektiven Einschätzung bzgl. des Zurechtkommens des operierten Armes in alltäglichen Lebenssituationen führten.

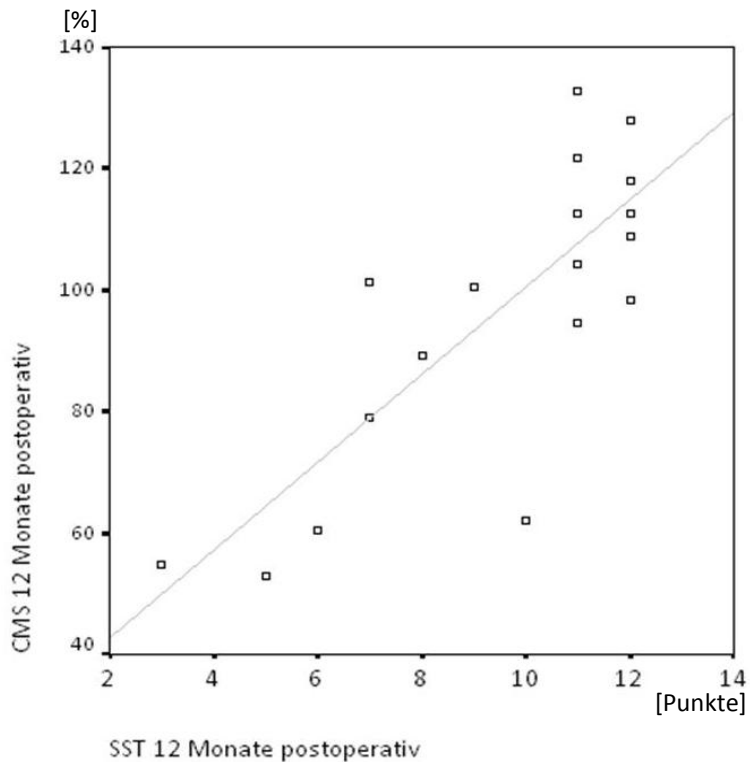


Abb. 28: Korrelation der Werte zwölf Monate postoperativ von CMS und SST

5.8 MRT-Ergebnisse

5.8.1 Retraktionsgrad nach Patte

Bei der Auswertung der MRT-Bilder untersuchten wir den Retraktionsgrad der Rotatoren-manschette nach Patte [41]. Hierbei wurde in der präoperativen Kernspin-Untersuchung neunmal ein Retraktionsgrad I, neunmal ein Retraktionsgrad II und bei einem Patienten ein Retraktionsgrad III gemessen.

5.8.2 Muskuläre Atrophie nach Thomazeau

In den Kernspinbildern wurde weiterhin das Verhältnis von Muskel- zu Fettgewebe (bzw. zur Fossa) ausgemessen, um die muskuläre Atrophie nach Thomazeau [49] zu bestimmen. Die präoperativen Werte von $0,63 \pm 0,11$ fielen auf Werte von $0,6 \pm 0,39$ in der zwölf Monate

postoperativen Untersuchung ($p=0,132$). Die hierbei gemessenen Daten sind in Abbildung 29 und Tabelle 19 aufgeführt. Die in der posthoc-Analyse berechnete Power beträgt 32,1 Prozent.

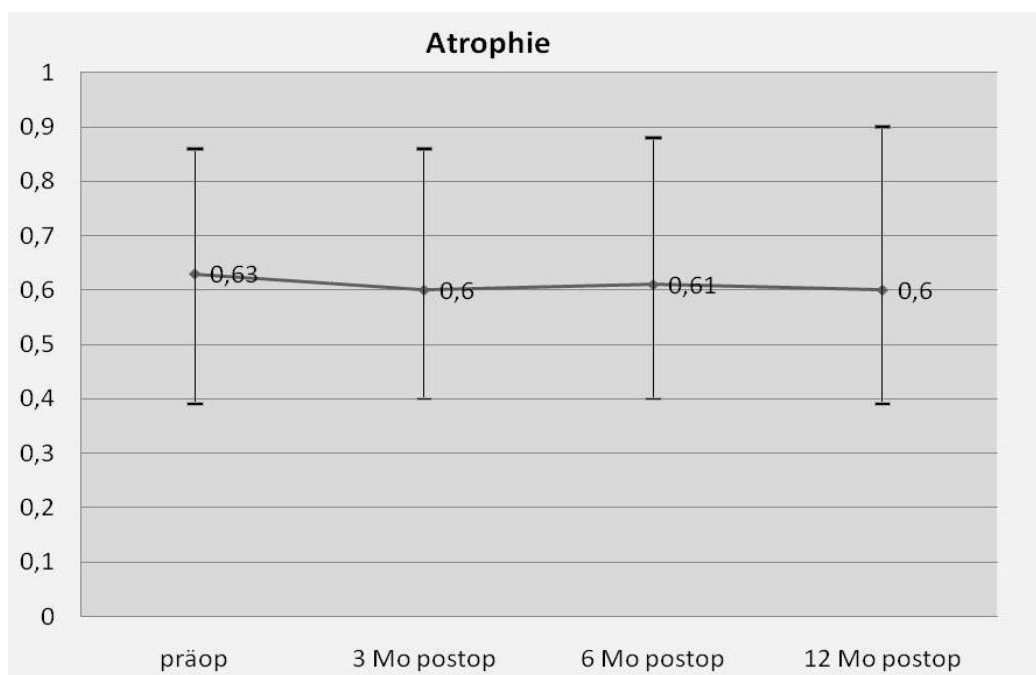


Abb. 29: Verlauf der Atrophie (Muskeleffettverhältnis (MFV))

	MFV präop	MFV 03 M	MFV 06 M	MFV 12 M
Mittelwert	0,63	0,6	0,61	0,6
Median	0,62	0,58	0,59	0,59
Standardabweichung	0,1	0,1	0,1	0,1
Minimum	0,39	0,4	0,4	0,39
Maximum	0,86	0,86	0,88	0,9

Tabelle 19: Ergebnisse des Verhältnisses von Muskel- zu Fettgewebe im Verlauf

5.8.3 Fettige Degeneration nach Goutallier

Beim Vergleich der Daten bei der Kategorie fettige Degeneration wurde präoperativ ein Wert von 1,1 +/- 0,7 Grad und zwölf Monate postoperativ ein Wert von 1,4 +/- 0,8 Grad

gemessen ($p=0,01$). Somit konnte ein Anstieg der fettigen Degeneration im Verlauf festgestellt werden. In Abbildung 30 und Tabelle 20 sind die Verlaufsbeobachtungen dargestellt.

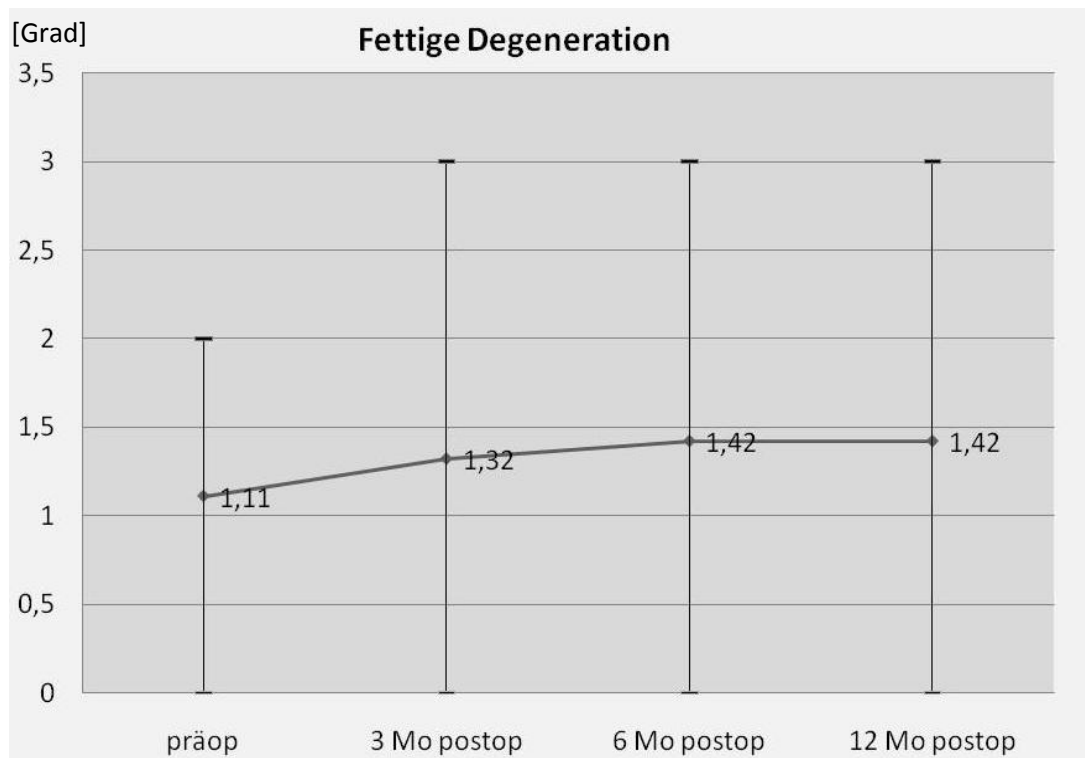


Abb. 30: Verlauf der fettigen Degeneration

[Grad]	Gout präop	Gout 03 M	Gout 06 M	Gout 12 M
Mittelwert	1,1	1,3	1,4	1,4
Median	1	1	1	1
Standardabweichung	0,7	0,7	0,8	0,8
Minimum	0	0	0	0
Maximum	2	3	3	3

Tab. 20: Werte der fettigen Degeneration im Verlauf nach den Auswertungskriterien von Goutallier

5.8.4 Sehnenintegrität nach Sugaya

Nach der Klassifikation von Sugaya [47] wurde die Sehnenintegrität zwölf Monate nach der Operation erfasst. Hierbei wurde fünfmal eine Sehnenintegrität von Grad I, dreimal von Grad II, achtmal von Grad III, einmal von Grad IV und zweimal von Grad V festgestellt (Abbildung 31). Somit erfolgten insgesamt drei Rerupturen im Verlauf von zwölf Monaten nach Operation.

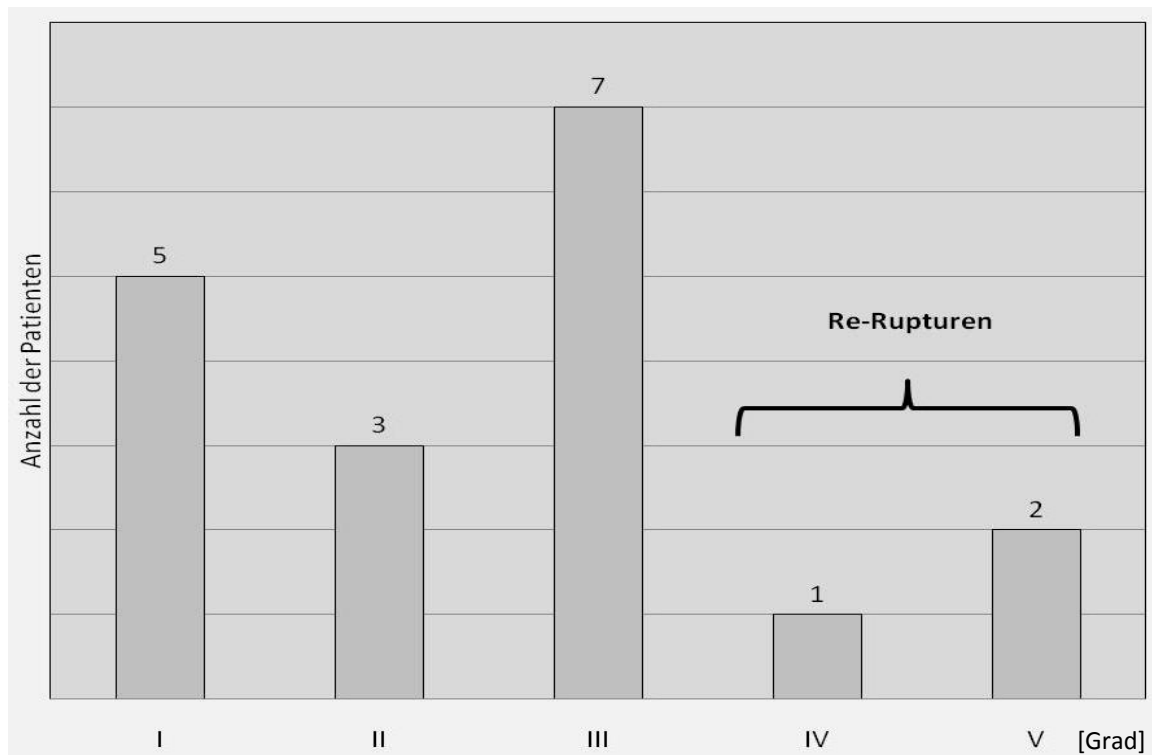


Abb. 31: Sehnenintegrität nach Sugaya zwölf Monate postoperativ

5.8.5 Zusammenhang zwischen Retraktionsgrad und fettiger Degeneration

Der Zusammenhang zwischen dem Retraktionsgrad nach Patte [41], der präoperativ erhoben wurde, und der präoperativ gemessenen fettigen Degeneration nach Goutallier [16] wurde auch untersucht. Bei Retraktionsgrad I wurde ein Mittelwert der fettigen Degeneration von $0,8 \pm 0,7$ Grad festgestellt, bei Retraktionsgraden von II oder III wurde ein Mittelwert von $1,4 \pm 0,5$ Grad festgestellt ($p < 0,035$). Bei vermehrter Retraktion ließ sich eine höhere

fettige Degeneration vorfinden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 32 und Tabelle 21 dokumentiert.

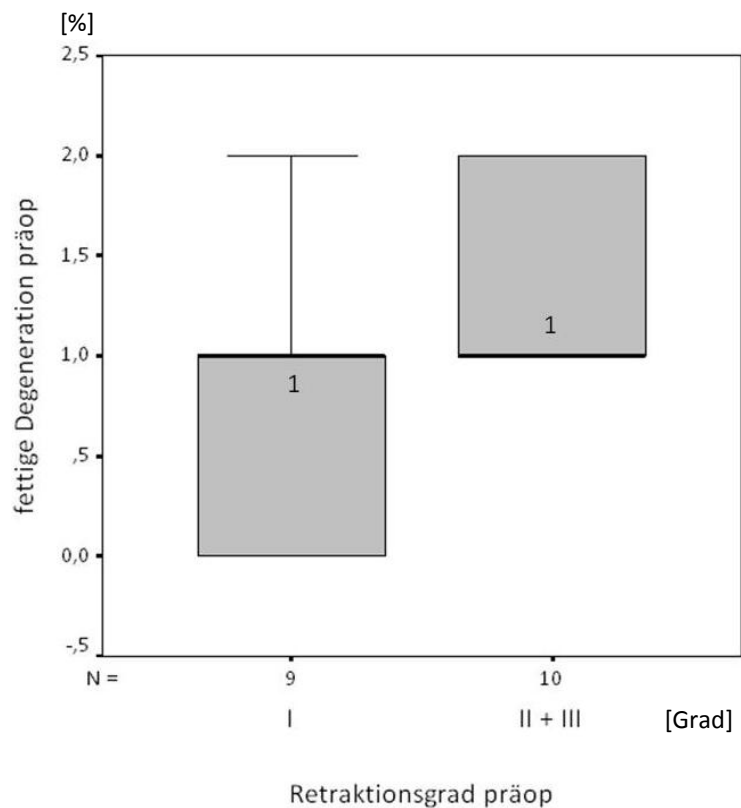


Abb. 32: Vergleich des präoperativ gemessenen Retraktionsgrades nach Patte und der präoperativ erhobenen, fettigen Degeneration nach Goutallier

[Grad]	Patte präoperativ	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Goutallier 12 Monate postoperativ	Grad I	1	0,8	0,7
	Grad II + III	1	1,4	0,5

Tabelle 21: präoperative Ergebnisse des Zusammenhanges von Retraktionsgrad nach Patte und fettiger Degeneration nach Goutallier

Der Zusammenhang zwischen präoperativer Retraktionsgröße und den Auswirkungen auf die fettige Degeneration nach postoperativen zwölf Monaten wurden ebenfalls untersucht. Bei einem präoperativ gemessenen Retraktionsgrad von Grad I fanden sich hierbei Werte von 1 +/- 0,5 Grad in der zwölf Monate postoperativ gemessenen fettigen Degeneration, bei präoperativen Retraktionsgraden II oder III wurden Werte von 1,8 +/- 0,8 Grad in der zwölf

Monate postoperativ gemessenen fettigen Degeneration festgestellt ($p < 0,019$). Ein höherer präoperativer Retraktionsgrad führt somit zu einer vermehrten fettigen Degeneration. Die Ergebnisse sind in Abbildung 33 und Tabelle 22 aufgeführt.

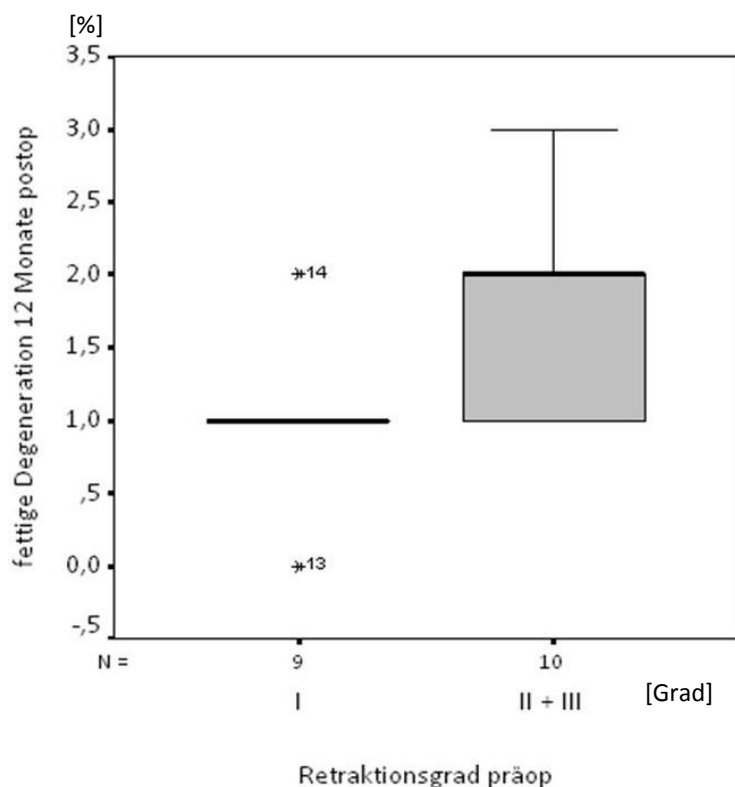


Abb. 33: Vergleich des präoperativ gemessenen Retraktionsgrades nach Patte und der zwölf Monate postoperativ erhobenen, fettigen Degeneration nach Goutallier

[Grad]	Patte präoperativ	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Goutallier 12 Monate postoperativ	Grad I	1	1	0,5
	Grad II + III	2	1,8	0,8

Tabelle 22: Ergebnisse des Zusammenhanges von präoperativ gemessenem Retraktionsgrad nach Patte und fettiger Degeneration nach Goutallier zwölf Monate postoperativ

5.8.6 Zusammenhang zwischen Retraktionsgrad und muskulärer Atrophie

Um eine Verbindung zwischen dem Sehnenretraktionsgrad nach Patte [41] und der muskulären Atrophie der Rotatorenmanschette nach Thomazeau [49] zu untersuchen, wurden auch diese Daten miteinander verglichen. Bei einem präoperativ gemessenen Retraktionsgrad von Grad I wurden Werte von $0,7 \pm 0,1$ in der präoperativen Messung der muskulären Atrophie festgestellt. Präoperativ gemessene Retraktionsgrade II oder III ergaben präoperative Werte für die muskulären Atrophie von $0,56 \pm 0,3$ ($p < 0,005$). Ein höherer präoperativer Retraktionsgrad geht also mit einem verminderten Muskelfettverhältnis einher. Die Werte sind in Abbildung 30 und Tabelle 23 aufgeführt.

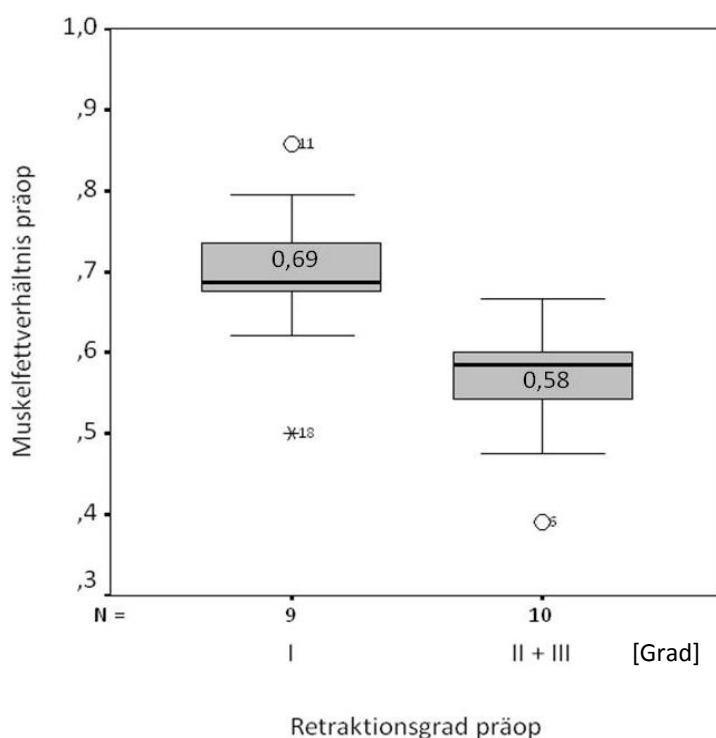


Abb. 34: Vergleich des präoperativ gemessenen Retraktionsgrades nach Patte und der präoperativ erhobenen, muskulären Atrophie nach Thomazeau

	Patte präoperativ	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Thomazeau präoperativ	Grad I	0,69	0,7	0,1
	Grad II + III	0,58	0,56	0,3

Tabelle 23: Ergebnisse des Zusammenhanges von präoperativ gemessenem Retraktionsgrad nach Patte und muskulärer Atrophie nach Thomazeau präoperativ

Wir haben einen Vergleich zwischen dem Retraktionsgrad nach Patte [41] und der Abschlussmessung der muskulären Atrophie nach Thomazeau [49] nach zwölf Monaten vorgenommen. Bei präoperativ gemessenem Retraktionsgrad I wurden Werte in der zwölf Monate postoperativen Messung der muskulären Atrophie von 0,6 +/- 0,1 dokumentiert, bei präoperativ gemessenen Retraktionsgraden II oder III betrugen die zwölf Monate postoperativ erhobenen Werte der muskulären Atrophie 0,52 +/- 0,1 ($p < 0,003$). Somit geht ein höherer Retraktionsgrad mit einem geringeren Muskelfettverhältnis nach postoperativen zwölf Monaten einher. Die Werte sind in Abbildung 35 und Tabelle 24 demonstriert.

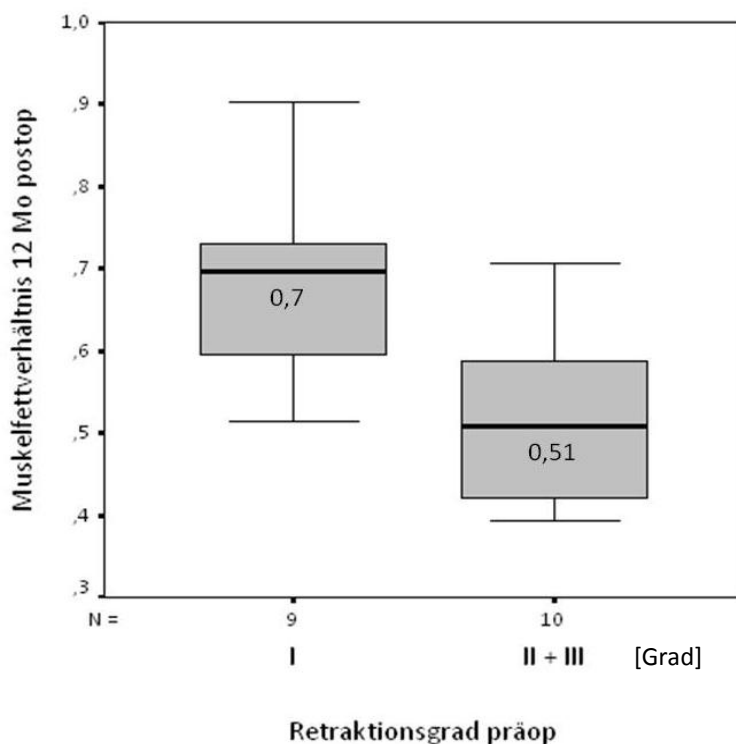


Abb. 35: Vergleich des präoperativ gemessenen Retraktionsgrades nach Patte und der zwölf Monate postoperativ erhobenen, muskulären Atrophie nach Thomazeau

	Patte präoperativ	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Thomazeau 12 Monate postop	Grad I	0,7	0,6	0,1
	Grad II+III	0,51	0,52	0,1

Tabelle 24: Ergebnisse des Zusammenhanges von präoperativ gemessenem Retraktionsgrad nach Patte und muskulärer Atrophie nach Thomazeau zwölf Monate postoperativ

5.9 Sonographische Resultate

Die Sonographiebilder wurden nach Forst et al. [11] und Strobel et al. [46] ausgewertet.

Bei der Auswertung nach Forst erhielten wir bei der präoperativen Untersuchung bei der betroffenen Schulter Werte von $7,6 \pm 1,5$ Punkte und bei der gesunden Schulter Werte von 8 ± 1 Punkten ($p=0,170$). Beim Vergleich der betroffenen Schulter ergaben sich bei der präoperativ erfolgten Untersuchung $7,6 \pm 1,5$ Punkte und bei der zwölf Monate postoperativen Untersuchung $7,9 \pm 1,3$ Punkte ($p\text{-Wert}=0,173$). Da keine signifikanten Unterschiede zu finden waren, konnten wir die Sonographiebefunde nicht zu weiteren Vergleichen und Korrelationen mit anderen Daten verwenden. Die Werte der Ultraschalluntersuchungen sind in Abbildung 36 und Tabelle 25 dargestellt.

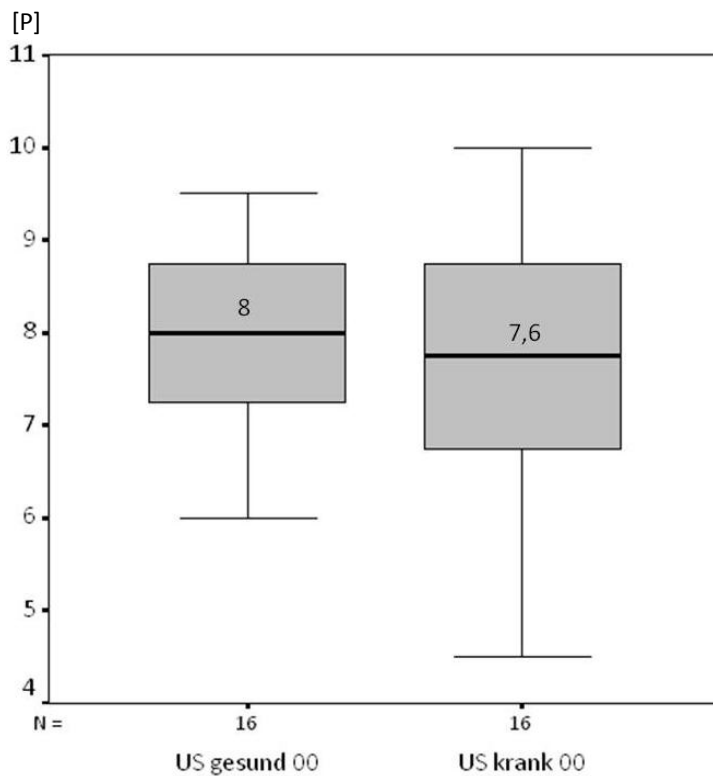


Abb. 36: Vergleich der präoperativen Sonographiewerte des M. supraspinatus der gesunden Seite mit den Werten der betroffenen Seite

[Punkte]	Mittelwert	Standardabweichung
Ultraschall gesunde Seite präoperativ	8	1
Ultraschall kranke Seite präoperativ	7,6	1,5
Ultraschall kranke Seite 12 Mo. postoperativ	7,9	1,3

Tabelle 25: Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung nach Punktesystem von Forst

Die in der posthoc-Analyse berechnete Power beträgt 26,8 Prozent. Um ein signifikantes Ergebnis erhalten zu können, hätten 104 Patienten untersucht werden müssen.

Nach den Auswertungskriterien von Strobel [46] erhielten wir beim präoperativen Vergleich des Kriteriums Sichtbarkeit muskulärer Strukturen bei der gesunden Schulter 0,31 Punkte und bei der betroffenen Schulter 0,38 Punkte ($p=0,333$). Bei der Verlaufsbeobachtung wurde präoperativ bei dem betroffenen Arm 0,38 Punkte und zwölf Monate postoperativ 0,44 Punkte gemessen ($p=0,669$). Die Ergebnisse der Auswertung sind in Tabelle 26 dargestellt.

[Punkte]	Mittelwert	Standardabweichung
Ultraschall gesunde Seite präoperativ	0,31	0,5
Ultraschall kranke Seite präoperativ	0,38	0,5
Ultraschall kranke Seite 12 Mo. postoperativ	0,44	0,5

Tabelle 26: sonographische Ergebnisse der Sichtbarkeit muskulärer Strukturen nach den Auswertungskriterien von K. Strobel

Beim Vergleich zwischen den präoperativen Ultraschallbildern der gesunden und der betroffenen Schulter bei dem Kriterium der Muskelechoogenität konnte kein Unterschied festgestellt werden. Bei der Verlaufsbeobachtung wurde präoperativ bei dem betroffenen Arm 0,19 Punkte und zwölf Monate postoperativ 0,31 Punkte gemessen ($p=0,333$). Die Ergebnisse der Auswertung sind in Tabelle 27 aufgeführt.

	Mittelwert	Standardabweichung
Ultraschall gesunde Seite präoperativ	0,19	0,1
Ultraschall kranke Seite präoperativ	0,19	0,1
Ultraschall kranke Seite 12 Mo. postoperativ	0,31	0,1

Tabelle 27: sonographische Ergebnisse der Muskelechogenität nach den Auswertungskriterien von K. Strobel

Sowohl beim Vergleich zwischen den präoperativen Ultraschallbildern der gesunden und der betroffenen Schulter als auch bei der Verlaufsbeobachtung der erkrankten Schulter konnte bei dem Kriterium "fettige Atrophie" kein Unterschied festgestellt werden. Somit konnte mit der Sonographie kein Anhalt für eine fettige Atrophie präoperativ oder im postoperativen Verlauf bei den untersuchten Patienten festgestellt werden.

5.10 Vergleich der bildgebenden Verfahren mit den klinischen Ergebnissen

Die im MRT gewonnenen Ergebnisse zum Retraktionsgrad der Rotatorenmanschette nach Patte [41] haben wir mit den CMS-Werten der Abschlussuntersuchung nach zwölf Monaten verglichen. Bei einem präoperativ gemessenen Retraktionsgrad von Grad I wurden Werte von 109,1 +/- 13,9 Prozent im zwölf Monate postoperativ gemessenen CMS erreicht. Bei einem präoperativ gemessenen Retraktionsgrad von Grad II oder III wurden im zwölf Monate postoperativen ausgewerteten CMS Werte von 86,4 +/- 28,3 Prozent ermittelt ($p=0,047$). Somit führt ein geringerer Retraktionsgrad zu höherer Punktzahl im CMS. Die Werte sind in Abbildung 37 und Tabelle 28 dargestellt.

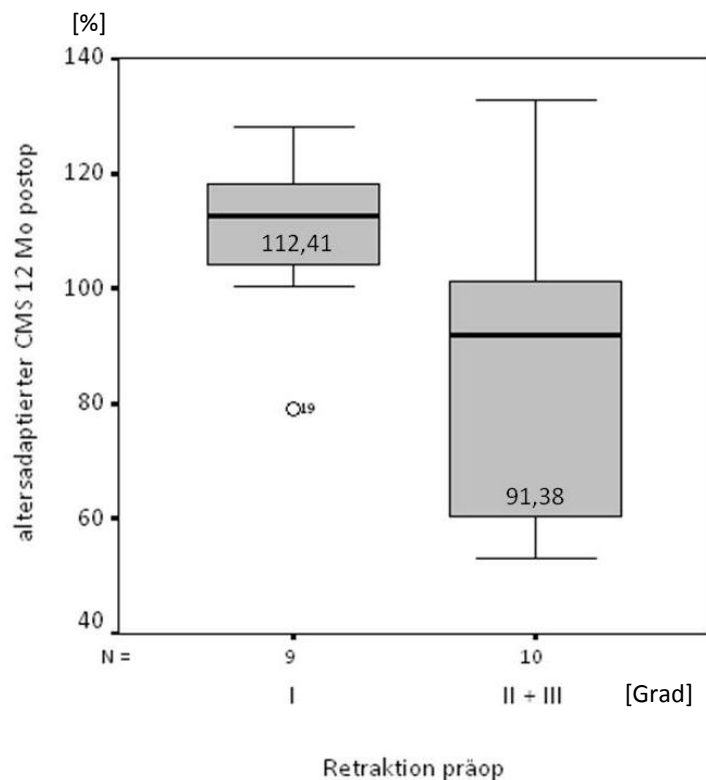


Abb. 37: Vergleich der präoperativen Retraktion der Rotatorenmanschette nach Patte mit dem altersadaptierten Constant Murley Score zwölf Monate postoperativ

[Prozent]	Patte präoperativ	Median	Mittelwert	Standardabweichung
CMS 12 Mo postop	Grad I	112,4	109,1	13,9
	Grad II+III	91,4	86,4	28,3

Tabelle 28: Werte zur präoperativen Sehnenretraktion und zum altersadaptierten Constant Murley Score zwölf Monate postoperativ

Es zeigte sich keine signifikante Korrelation zwischen dem alters- und geschlechtsadaptierten Constant Murley Score zwölf Monate postoperativ und der präoperativ vorliegenden fettigen Degeneration, klassifiziert nach der Einteilung nach Goutallier [16] ($p=0,488$, $r=-0,169$). Die in der posthoc-Analyse berechnete Power beträgt 10,9 Prozent. Der Zusammenhang ist in Abbildung 38 dargestellt.

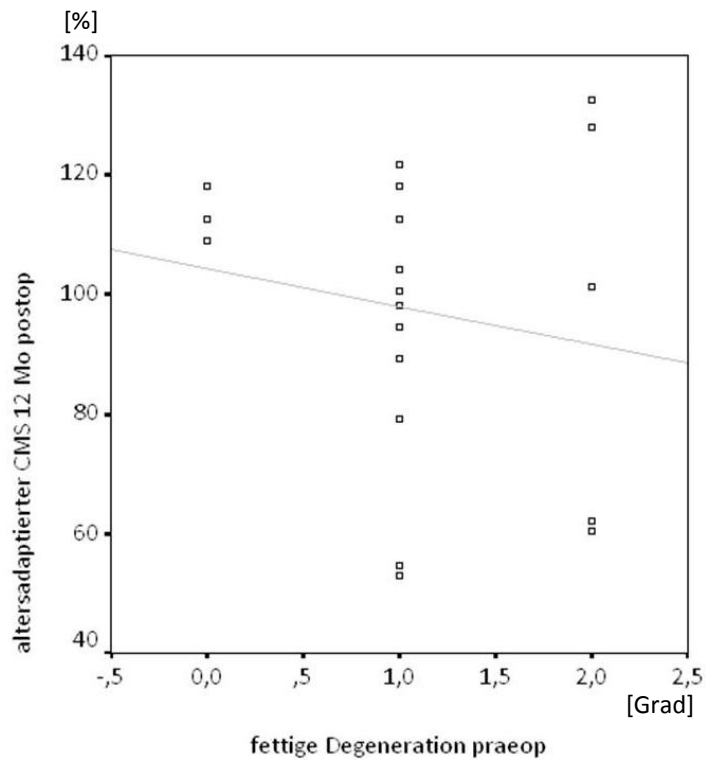


Abb. 38: Zusammenhang der Werte des zwölf Monate postoperativ erfassten altersadaptierten Constant Murley Score und den Werten der fettigen Degeneration nach Goutallier präoperativ

Beim Vergleich der Werte der fettigen Degeneration, die zwölf Monate postoperativ gemessen wurden, mit dem zwölf Monate postoperativ gemessenen alters- und geschlechtsadaptierten CMS wurde keine signifikante Korrelation nachgewiesen ($p=0,985$, $r=+0,005$). Die in der posthoc-Analyse berechnete Power beträgt 5 Prozent. Die Korrelation ist in Abbildung 39 dargestellt.

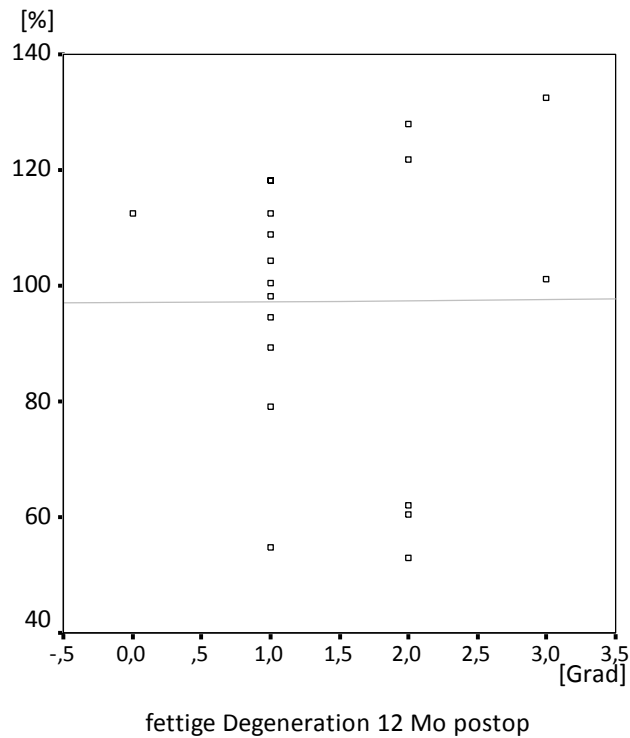


Abb. 39: Zusammenhang der Werte des zwölf Monate postoperativ erfassten altersadaptierten Constant Murley Score und den Werten der fettigen Degeneration nach Goutallier zwölf Monate postoperativ

Es zeigte sich eine positive, signifikante Korrelation zwischen dem altersadaptierten Constant Murley Score, der zwölf Monate postoperativ gemessen wurde, und dem präoperativ ermitteltem Muskel-Fett-Verhältnis ($p=0,04$, $r=+0,462$). Somit kann festgehalten werden, dass die klinische Funktionalität der betroffenen Schulter sich mit geringer werdender muskulärer Atrophie verbessert. In Abbildung 40 ist der Zusammenhang dokumentiert.

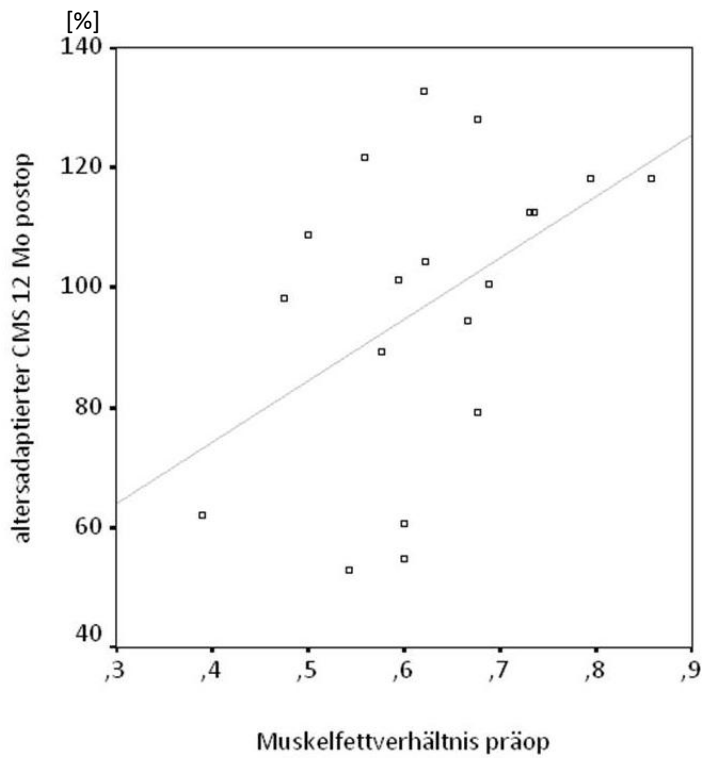


Abb. 40: Zusammenhang der Werte des zwölf Monate postoperativ erfassten altersadaptierten Constant Murley Scores und den Werten des Muskelfettverhältnisses nach Thoma-zeau

Die Verknüpfung zwischen den beiden zwölf Monate postoperativ gemessenen Werten des altersadaptierten Constant Murley Scores und den Sehnenintegritätswerten nach der Klassifikation nach Sugaya [47] war ein weiterer Bestandteil unserer Auswertung. Hierbei zeigte sich eine negative signifikante Korrelation ($p=0,02$, $r= -0,529$). Der Zusammenhang ist in Abbildung 41 dargestellt. Somit kann festgehalten werden, dass die betroffene Schulter zwölf Monate postoperativ bei erhaltener Sehnenintegrität wieder klinisch funktionsfähiger geworden ist.

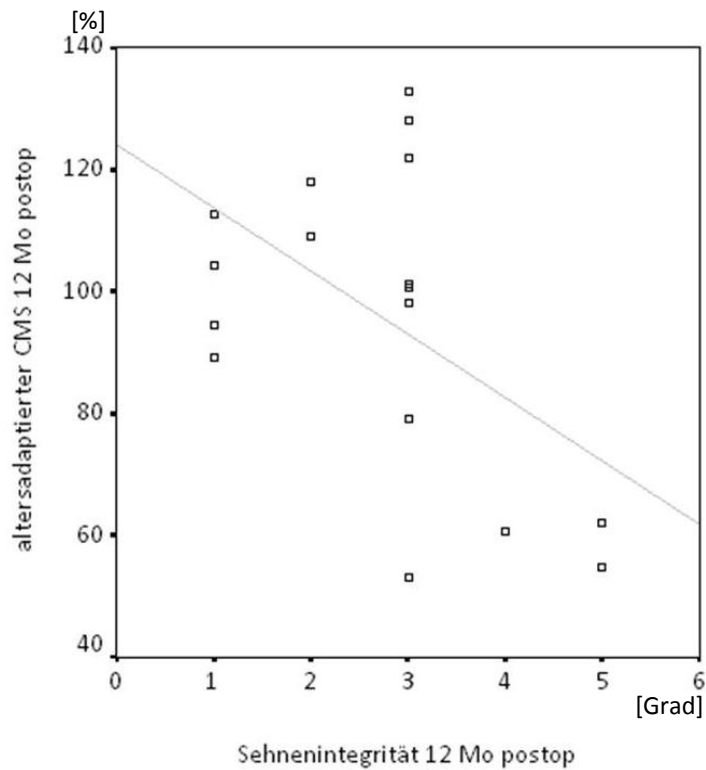


Abb. 41: Zusammenhang der Werte des zwölf Monate postoperativ erfassten altersadaptierten Constant Murley Scores und den zum gleichen Zeitpunkt erfassten Sehnenintegritätswerten nach Sugaya

5.11 Beeinflussung der Ergebnisse durch Rerupturen

Insgesamt konnte bei drei Patienten im Verlauf eine Reruptur nach Rotatorenmanschettenrekonstruktion nachgewiesen werden. Dadurch wurden die Durchschnittsergebnisse der untersuchten Kategorien nach unten verschoben. Darum wird hier ein Überblick gegeben, welche Werte nach zwölf Monaten nach Operation bei den Patienten mit Reruptur der Rotatorenmanschette vorgefunden wurden.

Bei dem ersten der drei Patienten ermittelten wir einen CMS von 60,6 Prozent und im SST einen Wert von sechs Punkten. Der zweite Patient hatte einen CMS von 62,1 Prozent und einen SST-Wert von zehn Punkten. Bei dem dritten Patienten mit einer Reruptur ergab der CMS 54,9 Prozent und der SST fiel mit dem Minimum von drei Punkten aus. Der Minimalwert des CMS in unserer Studie lag bei 53 Prozent (Maximum 133 Prozent). Der Minimalwert des SST bei drei Punkten (Maximum zwölf Punkte). Die Messergebnisse der Kraftmessung ergaben folgende Werte. Bei Patient A mit Rotatorenmanschettenreruptur liegt eine Kraft

von 4,1 N, bei Patient B von 4 N und bei Patient C von 7,2 N vor. Der minimale Wert bei der zwölf Monate postoperativen Auswertung lag bei 4,0 N (Maximum 26,5 N). Auch die Beweglichkeit war bei den Patienten mit Reruptur deutlich eingeschränkt. Die Daten hierzu sind in Tabelle 29 aufgeführt. Minimale Beweglichkeit im Bereich der Anteversion lag bei 110 Grad und maximale Beweglichkeit bei 180 Grad. Im Bereich der Abduktion lag die Beweglichkeit bei einem minimalen Wert von 90 Grad und maximal bei 180 Grad.

[Grad]	Anteversion	Abduktion
Patient A	130	110
Patient B	130	120
Patient C	120	90

Tabelle 29: Beweglichkeit der Patienten mit Rotatorenmanschettenreruptur zwölf Monate postoperativ

6. Diskussion

6.1 Patienten

In dem von uns erfassten Kollektiv von 19 Patienten lag das Verhältnis der Geschlechterverteilung bei sechs Frauen (31,6 Prozent) und 13 Männern (68,4 Prozent). Der Durchschnitt des Patientenalters betrug zum Zeitpunkt des Operationstermins 58,6 Jahre. Das minimale Alter unserer Patienten lag bei 42 Jahren, das maximale bei 74 Jahren.

Bei Thomazeau et al. [49] war das Durchschnittsalter 52 Jahre (27 bis 67 Jahre), Nakagaki et al. [36] hatten eine Altersverteilung von durchschnittlich 63,2 Jahren (44 bis 80 Jahre) und bei Goutallier et al. [16] lag ein Durchschnittsalter von 57 Jahren (39 bis 70 Jahre) vor. Auch in anderen Studien findet sich ähnliche Altersverteilungen [15, 17, 27, 38, 33, 45].

Studie	Anzahl an Patienten	Durchschnittsalter	Anzahl an männlichen Patienten	Anzahl an weiblichen Patienten	Minimales Alter	Maximales Alter
Thomazeau et al.	30	52	17	13	27	67
Nakagaki et al.	33	63,2	20	13	44	80
Goutallier et al.	63	57	39	24	39	70
Liem et al. [31]	38	62	32	6	55	69
Liem et al. [32]	53	61	34	19	53	68
Strobel et al.	75	53,1	38	27	28	83

Tabelle 30: Vergleich der Geschlechterverteilung und der Altersstruktur

6.2 Rupturierte Sehnen der Rotatorenmanschette

In unserer Studie wurden 14 Patienten mit einer singulären Supraspinatusruptur, vier Patienten mit einer kombinierten Infra- und Supraspinatusruptur und ein Patient mit einer gemeinsam aufgetretenen Supraspinatus- und Subscapularisruptur operiert.

Bei Goutallier et al. [17] waren dieselben Sehnen, allerdings mit einer etwas unterschiedlichen Verteilung der lädierten Muskeln, betroffen. 17 Patienten hatten eine Ruptur der Supraspinatus- und Infraspinatussehne, 13 Patienten eine Kombination aus Supraspinatus- und Subscapularisruptur und sechs Patienten eine Ruptur aller zuvor genannten Sehnen. Eine alleinige Supraspinatusruptur erlitten 24 Patienten und eine Subscapularisruptur drei Patienten. Bei Nakagaki et al. [36] war bei allen 33 Patienten der M. supraspinatus beteiligt. 25 Patienten hatten eine vollständige Rotatorenmanschettenruptur und acht Patienten eine Teilruptur.

6.3 Methodik

Die klinische Untersuchung wurde bei den in der Studie aufgenommenen Patienten immer nach dem gleichen, festen Schema durchgeführt. Dabei wurden die Studienteilnehmer mit Hilfe eines eigens für die Untersuchung erstellten Anamnese- und Untersuchungsbogens beurteilt. Daneben wurden gezielt verschiedene Scores und Fragebögen (Constant Murley Score, SF36-Fragebogen und Simple Shoulder Test) eingesetzt. Die Anpassung an diese üblichen standardisierten Bewertungsschemata ermöglicht einen objektiven Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien.

Ebenso wurde darauf geachtet, dass die MRT-Diagnostik und die Sonographie-Untersuchungen an ein und demselben Gerät durchgeführt wurden, um mögliche Verfälschungen durch technische Gegebenheiten weitgehend minimieren zu können.

Die Sicherung und Auswertung der gewonnenen Daten und Ergebnisse geschah durch vorher festgelegte Kriterien. Hiermit konnte eine Beeinflussung durch den Untersucher minimiert werden.

6.4 Vergleich der MRT-Ergebnisse mit klinischen Ergebnissen

In der Literatur wird übereinstimmend beschrieben, dass die klinischen Ergebnisse nach einer Rekonstruktion einer Rotatorenmanschettenruptur von dem Muskelstatus der Rota-

torenmanschette abhängig ist, einzeln von der Muskelatrophie und der fettigen Degeneration. Angesichts dieser Fakten haben die Veränderungen der Atrophie und der fettigen Degeneration eine hohe Bedeutung und sollten neben dem klinischen Outcome nach Rotatorenmanschettenrekonstruktionen berücksichtigt werden.

Bei der Analyse der Literatur bezüglich dieser Parameter konnte selten eine Zunahme der fettigen Degeneration nach Rotatorenmanschettenrekonstruktion beobachtet werden [13, 15, 17, 28].

Gerber et al. zeigten genauso wie Thomazeau et al., dass die Atrophie des M. supraspinatus nach intakter Rotatorenmanschettenrekonstruktion zurückgeht [13, 49].

Das Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, ob eine Rotatorenmanschettenrekonstruktion eine Reversibilität von fettiger Degeneration und muskulärer Atrophie mit sich bringt. Darum wurden prospektiv 19 Patienten untersucht, bei denen eine Rekonstruktion der Rotatorenmanschette erfolgte.

Trotz der guten frühen klinischen Resultate, gab es in unserer Studie keine Zeichen für eine Reversibilität der fettigen Degeneration oder Atrophie. Beide Parameter zeigten einen Anstieg besonders innerhalb der ersten drei Monate nach der Operation. Diese Veränderungen waren nicht signifikant für die Atrophie, allerdings signifikant für die fettige Degeneration.

In unserer Studie wurde ausschließlich die arthroskopische Rekonstruktion mit Einzelreihennahttechnik durchgeführt. Dies war das Standardverfahren in dem Betrachtungszeitraum. Mit dieser Technik konnten gute kurzfristige Resultate mit einem durchschnittlichen Constant Murley Score von 79,1 Punkte erzielt werden. Dies steht im Einklang mit den präsentierten Daten von anderen Autoren, die den Erfolg nach arthroskopischer Rotatorenmanschettenrekonstruktion erforschten. In einem Artikel von Liem et al. beträgt der durchschnittliche Constant Murley Score 83,9 Punkte nach arthroskopischer Rotatorenmanschettenrekonstruktion mit Einzelreihennahttechnik [27].

In ähnlicher Weise zeigte Lafosse et al. bei Gebrauch der Doppelreihennahttechnik einen durchschnittlichen postoperativen Constant Murley Score-Wert von 80,1 Punkten [26]. Diese

arthroskopischen Resultate sind gut mit den postoperativen Resultaten offener Rotatorenmanschettenrekonstruktionen vergleichbar. Solche Ergebnisse wurden von Miller et al. und Morse et al. präsentiert und bislang können sowohl die offene als auch die arthroskopische Technik als Standardprozeduren angesehen werden. Keine Arbeitsgruppe konnte herausarbeiten, dass sich eine der beiden Prozeduren als besser erwies [32, 34].

Liem und seine Arbeitskollegen [28] zeigten einen Anstieg der Atrophie zwei Jahre postoperativ nur bei Patienten mit einer Rotatorenmanschettenrerruptur. Bei Patienten mit einer erfolgreich verlaufenden Rekonstruktion der Rotatorenmanschette konnte kein Anstieg gefunden werden. Im Gegensatz dazu berichten sie von einem Anstieg der fettigen Degeneration des Muskels unabhängig von der Integrität der Rekonstruktion.

Ähnliche Ergebnisse wurden von Gladstone et al. [15] beschrieben. Ein Jahr postoperativ fanden sie einen signifikanten Anstieg der fettigen Degeneration und der Atrophie. Von den 15 Patienten, die eine mäßige bis starke Atrophie präoperativ vorzuweisen hatten, zeigte sich bei zehn Patienten (67 Prozent) ein Fortschreiten der Atrophie. Zusätzlich kam es bei sieben von zehn Patienten (70 Prozent) mit mäßiger bis starker fettiger Infiltration - bereits präoperativ gemessen - zu einem weiteren Anstieg der fettigen Infiltration. Keiner der Patienten zeigte einen Rückgang der fettigen Degeneration.

Trotzdem war in ihrer Studie das Fortschreiten der fettigen Infiltration in den intakt gebliebenen Sehnen signifikant kleiner als in denen, deren Rekonstruktion fehlschlug.

In den zwei oben erwähnten Studien war die Vergleichbarkeit von den präoperativen zu den postoperativen MRT-Bildern limitiert, da die Untersuchungen nicht immer durch die gleiche Einrichtung gemäß einem standardisierten Protokoll erfolgte. Im Gegensatz dazu wurde in unserer Studie zur optimalen Vergleichbarkeit jede MRT-Untersuchung in der gleichen Einrichtung nach einem standardisierten Protokoll vollzogen.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die postoperativen Ergebnisse von Rotatorenmanschettenrupturen abhängig von der präoperativen Rupturgröße [13], der Muskelatrophie [49] und der muskulären fettigen Degeneration [16] sind. Dementsprechend hat in unserer Studie der präoperative Grad der Atrophie einen signifikanten Einfluss auf das postoperative Ergebnis. Somit resultieren aus präoperativ festgestellten höheren Atrophie-

Werten eine geringere Punktzahl im Constant Murley Score. Im Gegensatz hierzu konnten wir keinen signifikanten Einfluss der fettigen Degeneration auf das postoperative Ergebnis nachweisen.

Thomazeau et al. [49] und Gerber et al. [13] konnten einen gewissen Grad an Reversibilität der Atrophie mit einer durchschnittlichen Nachuntersuchungsdauer von 21 beziehungsweise 37 Monaten postoperativ aufzeigen. Wir wollten innerhalb des ersten postoperativen Jahres Veränderungen wie die muskuläre Atrophie und die fettige Degeneration dokumentieren, da nach derzeitigem Kenntnisstand noch keine andere Studie diesen Sachverhalt für diesen Zeitraum untersucht hat.

Aufgrund des umfangreichen Untersuchungsprotokolls und der dadurch bedingten Länge des Beobachtungszeitraumes konnte nur eine Anzahl von 19 Patienten in unsere Studie eingeschlossen werden. Dennoch war die Anzahl ausreichend, um signifikante Unterschiede in den klinischen Ergebnissen und der fettigen Degeneration zu zeigen. Zusätzlich konnten aussagekräftige Korrelationen zwischen der Sehnenretraktion, der Atrophie und den klinischen Resultaten gefunden werden. Eventuell hätten sich bei längerem Nachbeobachtungszeitraum andere Ergebnisse ergeben.

6.5 Auswirkungen der Rerupturen auf die Ergebnisse der Studie

In unserer Studie haben wir an Hand der MRT-Bilder und der Sugaya-Klassifikation festgestellt, dass bei drei Patienten die rekonstruierte Rotatorenmanschette rerupturiert ist.

Die postoperative Sehnenintegrität hat einen signifikanten Einfluss auf die funktionellen Ergebnisse [12, 13, 20, 26, 49, 57], jedoch nicht immer auf die subjektiven Ergebnisse [15, 25]. Rerupturraten von elf [26] bis 39 Prozent [15] wurden beschrieben. In unserer Studie lag die Rerupturrate bei 16 Prozent. Ähnlich den Befunden von Lafosse et al. [26] erfuhren nur Patienten mit einer höhergradigen Sehnenretraktion (Patte Grad II oder Patte Grad III) eine Reruptur. Diese Patienten haben einen überdurchschnittlichen Anstieg an Atrophie und fettiger Degeneration sowie unter dem Durchschnitt liegende klinische Ergebnisse.

Wir haben uns gefragt, ob diese Begebenheit einen Einfluss auf die postoperativen klinischen Ergebnisse genommen hat. Die oben bereits aufgezeigten Werte im Bereich der Beweglichkeit, der Kraft, des SST und des CMS zeigen, dass die erreichten Werte dieser Patienten jeweils im unteren Bereich liegen. Somit kann man davon ausgehen, dass die Patienten mit einer Reruptur die Durchschnittswerte der klinischen Ergebnisse dieser Untersuchung etwas nach unten verschoben haben.

6.6 Ultraschall

Klaus Strobel und seine Arbeitskollegen [46] konnten in ihrer Studie nachweisen, dass eine beachtliche fettige Atrophie in rupturierten Muskeln der Rotatorenmanschette mit der Ultraschalluntersuchung zu beobachten ist. Dabei stellten sie fest, dass die Sichtbarkeit der muskulären Strukturen des betroffenen M. supraspinatus und infraspinatus signifikant niedriger war als die Sichtbarkeit der normalen Muskeln. Nach Untersuchungsergebnissen von Strobel weist eine verminderte Sichtbarkeit von der zentralen Muskelsehne und der typischen Muskelfiederung im Ultraschall sicher nach, dass eine Muskelatrophie vorliegt [46]. Diesen Zusammenhang konnten wir in unserer Studie nicht nachweisen.

Bei der Untersuchung der Schultermuskulatur mit dem Ultraschallgerät gehört heute die Verwendung von 7,5 - 11 MHz-Linear-Schallköpfen zum Standard. In unserer Studie wurde allerdings die Messung mit einem 4 - 9 MHz-Schallkopf durchgeführt. Dies könnte ein Grund für die mangelhafte Auswertbarkeit der so von uns gewonnenen Bilder sein.

R. Forst et al. [11] erforschten in ihrer Studie über Duchenne-Muskeldystrophiepatienten das Fortschreiten der lipomatösen Muskelumbauung mit der 7 MHz-Sonographie. Sie stellten fest, dass in ihrer Studie bei den Stadien I bis V der Muskeldystrophie mit der 7 MHz-Sonographie noch keine sicheren Unterschiede zu den Muskelsonogrammen gleichaltriger Gesunder infolge rein visueller Auswertungsmöglichkeiten des Monitorbildes nachzuweisen sind. Die Ursache dafür lag nach Meinung von Forst in der Diskrepanz zwischen der vorgegebenen Auflösung der Graustufen durch den Bildspeicher (6bit) und dem unzureichenden, visuellen Auswertungsvermögen durch das menschliche Auge (maximal bis

zu 30 Graustufen). Dies scheint ein weiterer Punkt zu sein, wodurch die nicht signifikanten Werte der von uns durchgeführten Sonographieuntersuchung zu erklären sind.

7. Interpretation und Schlussfolgerung

Die Rotatorenmanschettenrekonstruktion ist ein erfolgreiches Verfahren in Hinsicht auf Schmerzlinderung und Verbesserung des funktionellen Ergebnisses. Es konnte festgestellt werden, dass die zwölf Monate postoperativ gemessene Sehnenintegrität nach Sugaya einen positiven Einfluss auf die postoperativen klinischen Ergebnisse hat. Es konnte keine Reversibilität der fettigen Degeneration und der Atrophie nachgewiesen werden. Im Gegenteil stellte es sich heraus, dass die fettige Degeneration signifikant angestiegen ist. Sowohl für die fettige Degeneration als auch für die muskuläre Atrophie konnten wir keine signifikante Korrelation zu den klinischen Ergebnissen feststellen. Der präoperative Grad der Sehnenretraktion hat einen signifikanten Einfluss auf die postoperativen klinischen Ergebnisse. Die Sonographie ist nach unseren Ergebnissen nicht geeignet, um Aussagen zur fettigen Degeneration zu treffen.

8. Anhang

Abb. 2: Aufklärungsbogen mit Einverständniserklärung

Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie
Universitätskliniken des Saarlandes, Homburg-Saar

Direktor: Prof. Dr. med. D. Kohn

Aufklärungsbogen und Einverständniserklärung

Vollständige Bezeichnung des Forschungsvorhabens

Verlaufsbeobachtung und Beurteilung der Remission mittels MRT, Sonographie, Histologie und Klinischer Untersuchung der Muskelatrophie und der fettigen Degeneration der betroffenen Muskeln bei einer Rotatorenmanschettenruptur nach operativer Rekonstruktion; sowie eine vergleichende Beurteilung der einzelnen Verfahren untereinander hinsichtlich ihrer Aussagekraft.

Verantwortlicher Träger und Leiter des Forschungsvorhabens

Prof. Dr. Dieter Kohn / Dr. Matthias Kusma
Klinik für Orthopädie u. Orthopädische Chirurgie
Universitätsklinikum des Saarlandes

Name der Patienten / des Patienten

_____ geb. am: _____ Teiln.Nr.: _____

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

unsere Arbeitsgruppe ist sehr daran interessiert, neue wissenschaftliche Erkenntnisse in dem oben genannten Forschungsvorhaben zu gewinnen. Wir wären Ihnen daher sehr dankbar, wenn sie sich zur Teilnahme bereit erklären würden.

Die Teilnahme ist selbstverständlich freiwillig und bei Nichtteilnahme an der Studie werden Sie keine Nachteile diesbezüglich erhalten.

Um Sie über das Vorhaben und die etwaigen Vorteile und Risiken bei der Teilnahme zu informieren, wird der verantwortliche Arzt oder dessen Stellvertreter ein ausführliches Gespräch mit Ihnen führen. Vor diesem Gespräch möchten wir Sie bitten, die nachfolgenden Ausführungen zu lesen. Sie können sich dadurch bereits einen eingehenden Überblick verschaffen.

Das Forschungsvorhaben

Worum geht es?

In den letzten Jahren wurde festgestellt, dass bei Patienten mit Rotatorenmanschettenruptur eine Muskelatrophie und eine fettige Degeneration der betroffenen Muskeln auftritt. Nach einer Rekonstruktion der betroffenen Muskeln konnte gezeigt werden, dass die Muskelatrophie größtenteils rückgängig ist, die fettige Degeneration allerdings fortbesteht.

Im Rahmen dieser Studie soll anhand von Kernspin-Aufnahmen, Ultraschall (Sonographie) und klinischen Beurteilungen untersucht werden, in welchem Maße die bildgebenden Verfahren (Sonografie und MRT) im Vergleich zu der klinischen Untersuchung den Rückgang der Muskelatrophie und das Fortbestehen der fettigen Degeneration der betroffenen Muskeln aufzeigen können.

Ziel unserer Studie ist eine sich über ein Jahr erstreckende Verlaufsbeobachtung der klinischen, sonographischen und kernspintomographischen Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Veränderungen der Atrophie und der fettigen Degeneration der Rotatorenmanschette nach Rekonstruktion.

Wie werden die Untersuchungen durchgeführt?

Vor ihrer OP werden wir von Ihrer betroffenen Schulter ein MRT und eine Sonographie anfertigen. Des Weiteren wird eine klinische Untersuchung durchgeführt, um den Bewegungsumfang Ihres betroffenen Armes ermitteln zu können. Jeweils 3, 6 und 12 Monaten nach Ihrer Rotatorenmanschetten-Rekonstruktion werden nochmals eine klinische Untersuchung, ein MRT und eine Sonographie durchgeführt, um den Verlauf Ihrer Genesung zu beurteilen.

Bringt mir die Teilnahme an dieser Studie persönliche Vorteile?

Normalerweise wird bei einer Rotatorenmanschettenruptur nur ein MRT präoperativ angefertigt.

Bei Teilnahme an unserer Studie erhalten Sie die Möglichkeit, anhand der Sonographie-Untersuchungen und der drei zusätzlichen postoperativen MRTs den Verlauf Ihres morphologischen Heilungsprozesses mit den klinischen Daten zu vergleichen.

Für diese zusätzlichen Untersuchungen entstehen Ihnen und Ihrer Krankenkasse selbstverständlich keine zusätzlichen Kosten.

Welche Risiken und Belastungen sind zu befürchten?

Sie haben weder bei der Sonographie noch bei dem MRT Risiken zu befürchten.

Wo werden die Untersuchungen durchgeführt?

Die Studie wird in Zusammenarbeit mit der Klinik für Neurologie der Universität des Saarlandes durchgeführt, so dass die Sonographie dort durchgeführt werden. Das MRT erfolgt in der klinikinternen Radiologie.

Die klinische Untersuchung, sowie Ihre Operation und Ihre Nachbetreuung finden in der Orthopädie statt.

Die persönlichen Daten werden geschützt

Die Durchführung des Forschungsvorhabens erfordert es, dass von Ihnen personenbezogene Daten erhoben, aufgezeichnet und verarbeitet werden. Die erhobenen Daten werden für die **wissenschaftliche Auswertung** des Forschungsvorhabens verwendet, für die **Überwachung** des Forschungsvorhabens durch die zuständigen Überwachungsbehörden sowie für die **Archivierung** der Forschungsergebnisse. Die Daten können darüber hinaus auch für die **Veröffentlichung** der Forschungsergebnisse (beispielsweise in medizinischen Fachzeitschriften) verwendet werden.

Die Erhebung, Verarbeitung, Weitergabe und Speicherung der Daten unterliegt strengen **spezialgesetzlichen Bestimmungen**, die restriktiv eingehalten werden. Dementsprechend erfolgt eine Weitergabe und Einsichtnahme der personenbezogenen Daten nur durch die zuständigen Überwachungsbehörden.

Insbesondere eine Veröffentlichung der Daten in wissenschaftlichen Publikationen erfolgt nur, wenn zuvor jeder Bezug zu Ihnen unkenntlich gemacht wurde, entweder durch **Anonymisierung** oder durch Verwendung eines anderen Namens, also eines Pseudonyms.

Sie können die Teilnahme jederzeit beenden

Wenn Sie nicht mehr möchten, dass Sie an der Studie teilnehmen, können Sie Ihr Einverständnis jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen. Durch den Widerruf entstehen Ihnen keinerlei Nachteile. Die zum Zeitpunkt des Widerrufs bereits erhobenen personenbezogenen Daten werden dann umgehend gelöscht.

Einverständniserklärung

Ich habe mir anhand des ausgehändigten Aufklärungsbogens einen Überblick über das Forschungsvorhaben verschafft.

Anschließend hat _____ am _____ ein ausführliches Gespräch mit mir geführt. Gegenstand des Gesprächs war insbesondere

- der nähere Inhalt und der praktische Ablauf des Vorhabens
- die Frage, inwieweit Vorteile, Risiken oder Belastungen zu erwarten sind
- Fragen des Datenschutzes und des Widerrufsrecht

Ich hatte Gelegenheit, Fragen zu stellen. Anschließend wurde mir ausreichend Zeit gewährt, um in Ruhe über meine Teilnahme nachzudenken. Derzeit habe ich keine weiteren Fragen.

Mit meiner Teilnahme an dem Forschungsvorhaben bin ich einverstanden.

Mein Einverständnis umfasst auch die beschriebene Verwendung der personenbezogenen Daten, insbesondere die Erhebung und Verarbeitung von Angaben über meine Gesundheit.

Ort, Datum

Unterschrift

Vielen Dank für Ihre Hilfe.

Ort, Datum

Unterschrift Untersuchungsleiter/Stellvertreter

Abb. 3: Anamnese- und Untersuchungsbogen

RM-Studie		Teilnehmer-Nr.:	
Name:	T <input style="width: 40px;" type="text"/>		
Geb. Datum:	(präop, 6Wo, 3Mo, 6Mo, 12Mo)		
Adresse:	Datum:		
Tel.:			

Anamnese: Wann war Ihr Trauma?

Wann begannen Ihre Symptome?

Schmerzbeginn, -verlauf, -ausstrahlung, -lokalisation, -charakter:

Dominante Schulter	re	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>	li	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>
Betroffene Schulter	re	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>	li	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>

subjektive Beschwerden (in Ruhe, bei best. Bewegungen, nachts)

Biherige Verletzungen oder Operationen an der Schulter

Biherige Therapiemaßnahmen

Beruf

Diabetes mellitus	ja	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>	nein	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>
Herzschrittmacher	ja	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>	nein	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>

Sportaktivität Wie oft pro Woche ☐ mal

Sportart

1

Untersuchung: ROM

	li	re
Anteversion	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Abduktion	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Retroversion	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Aussenrotation (bei angelegtem Ellenbogen)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Aussenrotation (bei 90° Abduktion)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Innenrotation (bei angelegtem Ellenbogen)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Innenrotation (bei 90° Abduktion)	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Constant Score	Punktzahl	<input type="text"/>
SF36	Punktzahl	<input type="text"/>
Simple Shoulder Test	Punktzahl	<input type="text"/>

Jobe-Test	positiv	<input type="checkbox"/>	negativ	<input type="checkbox"/>
Neer	positiv	<input type="checkbox"/>	negativ	<input type="checkbox"/>
Kennedy-Hawkins	positiv	<input type="checkbox"/>	negativ	<input type="checkbox"/>
Liff off Test	positiv	<input type="checkbox"/>	negativ	<input type="checkbox"/>
Aussenrotationstest nach Patte	positiv	<input type="checkbox"/>	negativ	<input type="checkbox"/>

Sono		Datum/Uhrzeit	<input type="text"/>
MRT	Coronar T1 + TIRM Sagital T1	Datum/Uhrzeit	<input type="text"/>

Abb. 5: Constant Murley Score

CONSTANTSCORE

Name: _____

Vorname: _____

Geburtsdatum: _____

Datum: _____

Operation/Diagnose: _____

Untersuchung: _____

Datum: _____

Seite: R ☐ L ☐

Präop ☐

3 Monate postop ☐

6 Monate postop ☐

12 Monate postop ☐

A. Schmerzen (/15): Durchschnitt (1+2) A

1. Haben Sie Schmerzen in Ihrer Schulter (bei normalen Aktivitäten)?

- Nein (15P) ☐
- Leichte Schmerzen (10P) ☐
- Mäßige Schmerzen (5P) ☐
- Schwere Schmerzen (0P) ☐

2. Lineare Skala

"0" bedeutet keine Schmerzen und "15" maximale Schmerzen. Bitte markieren Sie auf dem oberen Streifen, mit welcher Intensität Sie Ihre Schmerzen beurteilen. (Punkte werden umgekehrt zur Skala gegeben)

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Intensität der Schmerzen

15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Punkte

B. Aktivitäten des täglichen Lebens (/20): Total (1+2+3+4) B

1. Ist Ihr Beruf oder Ihr tägliches Leben durch Ihre Schulter beeinträchtigt?

Nein (4P) ☐ Mäßig (2P) ☐ Schwer (0P) ☐ _____

2. Sind Sie in Ihrer freien Zeit bzw. bei Ihrer Freizeitgestaltung durch Ihre Schulter beeinträchtigt?

Nein (4P) ☐ Mäßig (2P) ☐ Schwer (0P) ☐ _____

3. Wird Ihr nächtlicher Schlaf durch Ihre Schulter gestört?

Nein (2P) ☐ Manchmal (1P) ☐ Ja (0P) ☐ _____

4. Bitte machen sie eine Aussage, bis wohin sie Ihren Arm ohne Schmerzen bei normalen Bewegungen benutzen können?

Taille (2P) ☐ Sternum (4P) ☐ Nacken (6P) ☐ Kopf (8P) ☐ Über den Kopf (10P) ☐ _____

Seite 1

☐

C. Bewegungsbereich (warten sie damit bitte auf den Doktor) (/40): Total (1+2+3+4)

C

1. **Anteversion:**

- 0- 30 (0P) ☐
- 31- 60 (2P) ☐
- 61- 90 (4P) ☐
- 91-120 (6P) ☐
- 121-150 (8P) ☐
- >150 (10P) ☐

2. **Abduktion:**

- 0- 30 (0P) ☐
- 31- 60 (2P) ☐
- 61- 90 (4P) ☐
- 91-120 (6P) ☐
- 121-150 (8P) ☐
- >150 (10P) ☐

3. **Außenrotation:**

- Hand hinter den Kopf + Ellenbogen nach vorne (2P)
- Hand hinter den Kopf + Ellenbogen nach hinten (4P)
- Hand über den Kopf + Ellenbogen nach vorne (6P)
- Hand über den Kopf + Ellenbogen nach hinten (8P)
- Komplette Elevation des Arms (10P)

4. **Innenrotation:**

- Oberschenkel (0P)
- Gesäss (2P)
- Sakroiliakgelenk ((4P)
- Taille (6P)
- T12 (8P)
- Zwischen die Schulterblätter (10P)

D. Kraft (/25): Punkte: Durchschnitt (Ib) x 2 =

D

☐

- Erster Zug: _____
- Zweiter Zug: _____
- Dritter Zug: _____
- Vierter Zug: _____
- Fünfter Zug: _____

Durchschnitt der Züge: _____

Total (/100): A+B+C+D

☐

Abb. 6: Referenzwerttabelle zur Berechnung des alters- und geschlechtsadaptierten CMS

Alter	Männer	Frauen
	durchschnittliche Punktzahl	durchschnittliche Punktzahl
21 - 30 Jahre	98	97
31 - 40 Jahre	93	90
41 - 50 Jahre	92	80
51 - 60 Jahre	90	73
61 - 70 Jahre	83	70
71 - 80 Jahre	75	69
81 - 90 Jahre	66	64
91 - 100 Jahre	56	52

Abb. 7: Simple Shoulder Test

Name:
Vorname:
Geb.-Datum:
Datum:

„Simple Shoulder Test“

	JA	NEIN
1. Ist der betroffene Arm in Ruhe schmerzfrei?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Können Sie von Seiten der Schulter her problemlos schlafen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Können Sie mit dem betroffenen Arm Ihr Hemd auf dem Rücken in die Hose stecken?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Können Sie Ihre Hände mit zur Seite gestreckten Ellenbogen auf den Hinterkopf legen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Können Sie den gestreckten Arm auf Schulterhöhe heben?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Können Sie mit gestrecktem Arm 500g(z.B. 2 Stk. Butter) auf Schulterhöhe heben?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Können Sie mit gestrecktem Arm 4kg auf Scheitelhöhe heben?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Können Sie seitlich am Körper mit dem betroffenen Arm 10kg (z.B. 10 1-Liter Packungen Milch) tragen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Glauben Sie, dass Sie einen Tennisball mit dem betroffenen Arm seitlich vom Körper 10m weit werfen können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Glauben Sie, dass Sie einen Tennisball mit dem betroffenen Arm über dem Kopf 20m weit werfen können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Können Sie mit dem betroffenen Arm die Rückseite der Gegenschulter waschen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. Sind Sie von Seiten der Schulter her im erlernten Beruf voll arbeitsfähig?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit

Abb. 8: SF36-Fragebogen

Monika Bullinger und Inge Kirchberger

Fragebogen zum Allgemeinen Gesundheitszustand SF 36

Selbstbeurteilungsbogen Zeitfenster 4 Wochen

In diesem Fragebogen geht es um die Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der (grau unterlegten) Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

	Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Weniger gut	Schlecht
1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im allgemeinen beschreiben?	1	2	3	4	5

	Derzeit viel besser	Derzeit etwas besser	Etwa wie vor einem Jahr	Derzeit etwas schlechter	Derzeit viel schlechter
2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?	1	2	3	4	5

Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben.			
3. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
3.a anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben?	1	2	3
3.b mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
3.c Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
3.d mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
3.e einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
3.f sich beugen, knien, bücken	1	2	3
3.g mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
3.h mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
3.i eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
3.j sich baden oder anziehen	1	2	3

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?	Ja	Nein
4.a Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
4.b Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
4.c Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
4.d Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung	1	2

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?	Ja	Nein
5.a Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
5.b Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
5.c Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

	Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr
6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

	Keine Schmerzen	Sehr leicht	Leicht	Mäßig	Stark	Sehr stark
7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?	1	2	3	4	5	6

	Überhaupt nicht	Ein bißchen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?	1	2	3	4	5

In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht).	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen						
9.a ... voller Schwung?	1	2	3	4	5	6
9.b ... sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
9.c ... so niedergeschlagen, daß Sie nichts aufheitern konnte?	1	2	3	4	5	6
9.d ... ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
9.e ... voller Energie?	1	2	3	4	5	6
9.f ... entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
9.g ... erschöpft?	1	2	3	4	5	6
9.h ... glücklich?	1	2	3	4	5	6
9.i ... müde?	1	2	3	4	5	6

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?	trifft ganz zu	trifft weitgehend zu	weiß nicht	trifft weitgehend nicht zu	trifft überhaupt nicht zu
11.a Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
11.b Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
11.c Ich erwarte, daß meine Gesundheit nachläßt	1	2	3	4	5
11.d Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

Vielen Dank.

9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Muskeln der Rotatorenmanschette	S. 08
Tabelle 2: Stadien der Rotatorenmanschettenruptur	S. 10
Tabelle 3: Ein- und Ausschlusskriterien	S. 16
Tabelle 4: Rehabilitationsprogramm	S. 18
Tabelle 5: Studienablauf	S. 19
Tabelle 6: Einteilung des Retraktionsgrades	S. 24
Tabelle 7: Einteilung der fettigen Degeneration nach Goutailler	S. 28
Tabelle 8: Einteilung der Sehnenintegrität	S. 28
Tabelle 9: Auswertung nach Strobel	S. 32
Tabelle 10: Kriterien der Sonographieauswertung mit Punktevergabesystem	S. 32
Tabelle 11: Verlauf der Anteversion des betroffenen Armes	S. 36
Tabelle 12: Verlauf der Abduktion und Außenrotation des betroffenen Armes	S. 38
Tabelle 13: Verlauf der Beweglichkeit zwischen betroffener und gesunder Schulter zwölf Monate postoperativ	S. 38
Tabelle 14: Vergleich der Kraftentwicklung auf der betroffenen Seite im Verlauf	S. 40
Tabelle 15: Ergebnisse der Kraftmessung des gesunden und betroffenen Armes zwölf Monate postoperativ	S. 41
Tabelle 16: Ergebnisse des Constant Murley Scores im Verlauf	S. 42
Tabelle 17: Ergebnisse des Simple Shoulder Tests	S. 43
Tabelle 18: Ergebnisse des SF36-Fragebogens im Verlauf	S. 44
Tabelle 19: Ergebnisse des Verhältnisses von Muskel- zu Fettgewebe im Verlauf	S. 47
Tabelle 20: Werte der fettigen Degeneration im Verlauf nach den Auswertungs- kriterien von Goutailler	S. 48
Tabelle 21: präoperative Ergebnisse des Zusammenhanges von Retraktionsgrad nach Patte und fettiger Degeneration nach Goutailler	S. 50
Tabelle 22: Ergebnisse des Zusammenhanges von präoperativ gemessenem Retrak- tionsgrad nach Patte und fettiger Degeneration nach Goutailler zwölf Monate postoperativ	S. 51
Tabelle 23: Ergebnisse des Zusammenhanges von präoperativ gemessenem Retrak- tionsgrad nach Patte und muskulärer Atrophie nach Thomazeau prä-	

operativ	S. 52
Tabelle 24: Ergebnisse des Zusammenhanges von präoperativ gemessenem Retraktionsgrad nach Patte und muskulärer Atrophie nach Thomazeau zwölf Monate postoperativ	S. 53
Tabelle 25: Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung nach Punktesystem von Forst	S. 55
Tabelle 26: sonographische Ergebnisse der Sichtbarkeit muskulärer Strukturen nach den Auswertungskriterien von K. Strobel	S. 55
Tabelle 27: sonographische Ergebnisse der Muskelechogenität nach den Auswertungskriterien von K. Strobel	S. 56
Tabelle 28: Werte zur präoperativen Sehnenretraktion und zum altersadaptierten Constant Murley Score zwölf Monate postoperativ	S. 57
Tabelle 29: Beweglichkeit der Patienten mit Rotatorenmanschettenrerruptur zwölf Monate postoperativ	S. 62
Tabelle 30: Vergleich der Geschlechterverteilung und der Altersstruktur	S. 63

10. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Sektoreneinteilung der Rotatorenmanschettenruptur nach Habermeyer	S. 11
Abb. 2: Aufklärungsbogen mit Einverständniserklärung	S. 71
Abb. 3: Anamnese- und Untersuchungsbogen	S. 75
Abb. 4: IsoBex 4.0 Analysegerät	S. 20
Abb. 5: Constant Murley Score	S. 77
Abb. 6: Referenzwerttabelle zur Berechnung des alters- und geschlechtsadaptierten CMS	S. 79
Abb. 7: Simple Shoulder Test	S. 80
Abb. 8: SF36-Fragebogen	S. 81
Abb. 9: Siemens MAGNETOM Avanto Tim	S. 24
Abb. 10: Sehnenretraktion Grad I	S. 25
Abb. 11: Sehnenretraktion Grad II	S. 25
Abb. 12: Sehnenretraktion Grad III	S. 25
Abb. 13: sagittale MRT-Aufnahme des Schultergelenks (Y-Aufnahme) in T1-Gewicht- ung	S. 26
Abb. 14: Ausmessungsvorgang zur Erfassung des Atrophiegrades	S. 27
Abb. 15: sonographische Beurteilung des M. supraspinatus der linken Seite im Quer- schnitt	S. 30
Abb. 16: sonographische Darstellung des M. supraspinatus im Querschnitt	S. 30
Abb. 17: sonographische Darstellung des M. supraspinatus im Längsschnitt	S. 31
Abb. 18: Verlauf der Anteversion des betroffenen Armes	S. 36
Abb. 19: Verlauf der Abduktion des betroffenen Armes	S. 37
Abb. 20: Verlauf der Außenrotation des betroffenen Armes	S. 37
Abb. 21: Verlauf der Kraftentwicklung des betroffenen Armes	S. 39
Abb. 22: Verlauf der Kraftentwicklung des gesunden Armes	S. 39
Abb. 23: Vergleich der Kraftergebnisse zwischen gesundem und betroffenem Arm bei der Abschlussuntersuchung zwölf Monate postoperativ	S. 40
Abb. 24: Verlauf der Werte des Constant Murley Scores	S. 41
Abb. 25: Verlauf der Werte des Simple Shoulder Tests	S. 43
Abb. 26: Verlauf der Werte des SF36-Fragebogens im Verlauf	S. 44

Abb. 27: Korrelation der Werte zwölf Monate postoperativ von CMS und SF36	S. 45
Abb. 28: Korrelation der Werte zwölf Monate postoperativ von CMS und SST	S. 46
Abb. 29: Verlauf der Atrophie (Muskelfettverhältnis (MFV))	S. 47
Abb. 30: Verlauf der fettigen Degeneration	S. 48
Abb. 31: Sehnenintegrität nach Sugaya zwölf Monate postoperativ	S. 49
Abb. 32: Vergleich des präoperativ gemessenen Retraktionsgrades nach Patte und der präoperativ erhobenen, fettigen Degeneration nach Goutallier	S. 50
Abb. 33: Vergleich des präoperativ gemessenen Retraktionsgrades nach Patte und der zwölf Monate postoperativ erhobenen, fettigen Degeneration nach Goutallier	S. 51
Abb. 34: Vergleich des präoperativ gemessenen Retraktionsgrades nach Patte und der präoperativ erhobenen, muskulären Atrophie nach Thomazeau	S. 52
Abb. 35: Vergleich des präoperativ gemessenen Retraktionsgrades nach Patte und der zwölf Monate postoperativ erhobenen, muskulären Atrophie nach Thomazeau	S. 53
Abb. 36: Vergleich der präoperativen Sonographiewerte des M. supraspinatus der gesunden Seite mit den Werten der betroffenen Seite	S. 54
Abb. 37: Vergleich der präoperativen Retraktion der Rotatorenmanschette nach Patte mit dem altersadaptierten Constant Murley Score zwölf Monate postoperativ	S. 57
Abb. 38: Zusammenhang der Werte des zwölf Monate postoperativ erfassten altersadaptierten Constant Murley Score und den Werten der fettigen Degeneration nach Goutallier präoperativ	S. 58
Abb. 39: Zusammenhang der Werte des zwölf Monate postoperativ erfassten altersadaptierten Constant Murley Score und den Werten der fettigen Degeneration nach Goutallier zwölf Monate postoperativ	S. 59
Abb. 40: Zusammenhang der Werte des zwölf Monate postoperativ erfassten altersadaptierten Constant Murley Scores und den zum gleichen Zeitpunkt erfassten Sehnenintegritätswerten nach Sugaya	S. 60
Abb. 41: Zusammenhang der Werte des zwölf Monate postoperativ erfassten altersadaptierten Constant Murley Scores und den zum gleichen Zeitpunkt erfassten Sehnenintegritätswerten nach Sugaya	S. 61

11. Literaturverzeichnis

1. Basset RW, Cofield RH (1983) Acute tears of the rotator cuff: the timing of surgical repair. Clin. Orthop. 175:18-24
2. Bigliani LU, Cordasco FA, MacIven SI, Musso ES (1992) Operative repair of massive rotator cuff tears: long term results. J. Shoulder Elbow Surg. 1:120-130
3. Brewer BJ (1979) Aging of the rotator cuff. Amer. J. Sports. Med.102-110
4. Buckup Klaus (2005) Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
5. Bullinger M, Kirchberger I (1998) SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung. Hogrefe Verlag, Göttingen
6. Cazeres C, Deroche P (1993) Premiere luxation antero-interne de l'épaule survenant après 40 ans. Journées Lyonnaises de L'Épaule. Lyon,442-451
7. Constant CR (1991) Schulterfunktionsbeurteilung. Orthopädie 20:289-294
8. Constant CR, Murley AHG (1987) A clinical method of functional assessment of the shoulder. Clin. Orthop.:160-164
9. De Seze S, Ryckewaert A, Caroit M (1963) Etudes sur l' épaule douloureuse. les ruptures traumatiques de la coiffe des rotateurs:443-453
10. Fabis J, Danilewicz M, Omulecka A (2001) Rabbit supraspinatus tendon detachment: Effects of size and time after tenotomy on morphometric changes in the muscle. Acta Orthop Scand 72:282-286
11. Forst R, Casser H.-R. (1985) 7-MHz-real-time-Sonographie der Skelettmuskulatur bei Duchenne-Muskeldystrophie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York
12. Fuchs B, Weishaupt D, Zanetti M, Hodler J, Gerber C (1999) Fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff: assessment by computed tomography versus magnetic resonance imaging. Journal of Shoulder and Elbow Surgery 8:599-605
13. Gerber C, Fuchs B, Hodler J (2000) The results of repair of massive tears of the rotator cuff. J Bone Joint Surg Am 82:505-515
14. Gerber C, Krushell RJ (1991) Isolated rupture of the tendon of the subscapularis muscle: clinical features in 16 cases. J Bone Joint Surg:389-394
15. Gladstone JN, Bishop JY, Lo JKY, Flatow EL (2007) Fatty Infiltration and Atrophy of the Rotator Cuff Do Not Improve After Rotator Cuff Repair and Correlate With Poor Functional Outcome. The american Journal of Sports Medicine 35:719-728
16. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC (1994) Fatty muscle degeneration in cuff ruptures: pre- and postoperative evaluation by CT Scan. Clinical orthopaedics and related research 304:78-83

17. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC (1995) Fatty infiltration of disrupted rotator cuff muscles. *Rev Rhum Engl Ed.* 62:415-422
18. Habermeyer P, Kaiser E, Knappe M, Kreusser T, Wiedemann E (1987) Zur funktionellen Anatomie und Biomechanik der langen Bizepssehne. *Unfallchirurg* 90:319-329
19. Habermeyer P, Lichtenberg S, P. Magosch (2010) *Schulterchirurgie*. Urban & Fischer, München
20. Harryman DT, Mack LA, Wang KY, Jackins SE, Richardson ML, Matsen FA (1991) Repairs of the rotator cuff: correlation of functional results with integrity of the cuff. *J. Bone Jt. Surg* 73A:982-989
21. Hawkins RJ, Kennedy JC (1980) Impingement syndrome in athletes. *J Sports Med*:151-158
22. Itoi E, Kido T, Sano A, et al (1999) Which is more usefull, the "full can test" or the "empty can test", in detecting the torn supraspinatus tendon? *J Sports Med* 27:65-68
23. Jerosch J., Castro W. H. M. (1995) *Orthopädisch-traumatische Gelenkdiagnostik*. Enke Verlag, Stuttgart
24. Jobe FW, Jobe CM (1983) Painful athletic injuries of the shoulder. *Clin. Orthop* 173:117-124
25. Jost B, Pfirrmann CW, Gerber C, Switzerland Z (2000) Clinical outcome after structural failure of rotator cuff repairs. *J Bone Joint Surg Am* 82:304-314
26. Lafosse L, Brzoska R, Toussaint B, Gobezie R (2008) The outcome and structural integrity of arthroscopic rotator cuff repair with use of the double-row suture anchor technique. *Surgical technique. J. Bone Joint Surg Am.* 2:275-286
27. Liem D, Bartl C, Lichtenberg S, Magosch P, Habermeyer P (2007) Clinical outcome and tendon integrity of athroscopic versus mini-open supraspinatus tendon repair: a magnetic resonance imaging-controlled matched-pair analysis. *Athroscopy* 23:514-521
28. Liem D, Lichtenberg S, Magosch P, Habermeyer P (2007) Magnetic resonance imaging of arthroscopic supraspinatus tendon repair. *J. Bone Joint Surg Am.* 89:1770-1776
29. Lippitt SB, Harryman DT, Matsen FA (1993) A practical tool for evaluating function: the Simple Shoulder Test. In *The Shoulder: A balance of mobility and stability*. The American Academy of Orthopedic Surgeons, Rosemont
30. McLaughlin HL, Cavallero WV (1950) Primary anterior dislocation of the shoulder. *Amer. J. Surg* 80:615-619
31. Meyer AW (1937) Chronic functional lesions of the shoulder. *Arch. Surg.* 35:646-674
32. Millar NL, Wu X, Tantau R, Silverstone E, Murrell G (2009) Open versus two forms of arthroscopic rotator cuff repair. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 467:966-978
33. Moosikasuwan J B, Miller TT, Burke BJ (2005) Rotator cuff tears: clinical, radiographic, and US findings. *RadioGraphics* 25

34. Morse K, Davis AD, Afra R, Kaye EK, Schepsis A, Voloshin I (2008) Arthroscopic versus Mini-open Rotator Cuff Repair: A comprehensive review and meta-analysis. *Am J Sports* 36:1824-1828
35. Nakagaki K, Ozaki J, Tomita Y et al (1994) Alterations in the supraspinatus muscle belly with rotator cuff tearing: Evaluation with magnetic resonance imaging. *Shoulder Elbow Surg* 3:88-93
36. Nakagaki K, Ozaki J, Tomita Y et al (1994) Function of supraspinatus muscle with torn cuff evaluated by magnetic resonance imaging. *Clin Orthop* 318:144-151
37. Neer CS (1983) Impingement lesions. *Clin. Orthop. Re.* 173:70-81
38. Neer CS, Poppen NK (1987) The supraspinatus outlet. *Orthop. Trans* 11:234
39. Noel E (1993) Les ruptures de la coiffe de rotateurs avec tete humerale centre: resultats du traitement conservateur. *Journées Lyonnaises de l'Epaule. Lyon*, 283-297
40. Ozaki J, Fujimoto S, Nagagawa Y (1988) Tear of the rotator cuff of the shoulder associated with pathologic changes in the acromion: a study in cadavers. *J. Bone Jt Surg* 70A:1224-1230
41. Patte D. (1990) Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop* 254:81-86
42. Pfirrmann CW, Schmid MR, Zanetti M, Jost B, Gerber C, Hodler J (2004) Assessment of fat content in supraspinatus muscle with proton MR spectroscopy in asymptomatic volunteers and patients with supraspinatus tendon lesions. *Radiology* 232:709-715
43. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K (2005) Oberer Extremität. *Prometheus LernAtlas der Anatomie - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart - New York, 208-356
44. Siewert JR (2006) Unfallchirurgie - 8.3 Verletzungen der Schulter. Raschke MJ, Haas N (eds) *Chirurgie*. Springer, München, 805-814
45. Snyder JS, Pachelli FAF, Del Pizzo W, Friedmann MJ, Ferkel R, Pattee G (1991) Partial thickness rotator cuff tears: results of arthroscopic treatment. *Arthroscopy* 7:1-7
46. Strobel K, Hodler J, Meyer DC, Pfirrmann CW, Pirkle C, Zanetti M (2005) Fatty atrophy of supraspinatus and infraspinatus muscles: accuracy of US. *Radiology* 237:584-589
47. Sugaya H, Maeda K, Matsuki K, Moriishi J (2007) Repair integrity and functional outcome after arthroscopic double-row rotator cuff repair. A prospective outcome study. *Journal of Bone and Joint Surgery* 89:953-960
48. Takagishi N (1978) Conservative treatment of the ruptures of the rotator cuff. *J. jap. Orthop. Assoc.* 52:781-787
49. Thomazeau H, Boukobza E, Morcet N (1997) Prediction of rotator cuff repair results by Magnetic resonance imaging. *Clin Orthop* 344:275-283
50. Tingart M, Balthis H, Lefering R, Bouillon B, Tilling T (2001) Constant-Score und Neer-Score. *Unfallchirurg* 104:1048-1054

51. Uhthoff HK, Loehr J, Sarkar K (1987) The pathogenesis of rotator cuff tears. Takagishi N (ed) The Shoulder. Professional Postgraduate Services, Tokyo, 211-212
52. Uhthoff HK, Matsumoto F, Trudel G et al (2001) Irreversibility of muscle atrophy and fatty infiltration after delayed reattachment of the supraspinatus tendon. An experimental study in rabbits. ASES. Austin, Texas
53. Uhthoff HK, Sakar K, Loehr J (1988) Rupturen der Rotatorenmanschette. Hefte zur Unfallheilkunde 195:125-132
54. Walch G (1993) Synthèse sur l'épidémiologie et l'éthiologie des ruptures de la coiffe des rotateurs. Journées Lyonnaises de l'Epaule. Lyon, 256-266
55. Yamanada H, Evans F (1972) Strength of Biological Materials. Williams & Wilkins, Baltimore, 67-79
56. Zanetti M, Hodler J (2000) Imaging of degenerative and posttraumatic disease in the shoulder joint with ultrasound. Eur J. Radiol 35:119-125
57. Zumstein MA, Jost B, Hempel J, Hodler J, Gerber C (2008) The clinical and structural long-term results of open repair of massive tears of the rotator cuff. J Bone Joint Surg Am 90:2423-2431

12. Abkürzungsverzeichnis

bzw.	=	beziehungsweise
CMS	=	Constant Murley Score
lb	=	Englisches Pfund
Lig.	=	Ligamentum
Ligg.	=	Ligamenta
kg	=	Kilogramm
m	=	Meter
M	=	Monat
M.	=	Musculus
MFV	=	Muskelfettverhältnis
Mm.	=	Musculi
MRT	=	Magnetresonanztomographie
N.	=	Nervus
N	=	Newton
P	=	Punkte
p	=	Signifikanz
r	=	Korrelationskoeffizient
S.	=	Seite
SST	=	Simple Shoulder Test

13. Publikationen

Vorträge:

Titel: Prospektive Erfassung der Atrophie und fettigen Degeneration nach Rekonstruktion der Rotatorenmanschette - vorläufige Ergebnisse

Autoren: Kusma M, Dienst M, Grub T, Pape D, Steimer O

Kongress: Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie, 73. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, 95. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 50. Tagung des Berufsverbandes der Fachärzte für Orthopädie und Unfallchirurgie

Datum: 21. - 24. Oktober 2009

Ort: Berlin, Deutschland

Titel: Prospective longitudinal analysis of atrophy and fatty degeneration after arthroscopic rotator cuff repair

Autoren: Kusma M, Grub T, Dienst M, Kohn D, Steimer O

Kongress: 22. Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow (SECEC-ESSSE)

Datum: 16. – 19. September 2009

Ort: Madrid, Spanien

Poster:

Titel: Prospective longitudinal analysis of atrophy and fatty degeneration after arthroscopic rotator cuff repair

Autoren: Kusma M, Grub T, Dienst M, Kohn D, Steimer O

Kongress: 16. Jahreskongress der Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie (DVSE) e.V.

Datum: 24. – 25. April 2009

Ort: Hamburg, Deutschland

Titel: Atrophy and fatty degeneration of the supraspinatus muscle following arthroscopic rotator cuff repair

Autoren: Kusma M, Grub T, Kohn D, Steimer O

Kongress: 14. The European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy (ESSKA) Congress

Datum: 09. – 12. Juni 2010

Ort: Oslo, Norwegen

14. Danksagung

Meinem Doktorvater Prof. Dr. med. Dieter Kohn danke ich für die freundliche Überlassung des Themas und die hilfsbereite und konstruktive Unterstützung meiner Dissertation.

Besonders danken möchte ich meinem Betreuer, Dr. med. Matthias Kusma, der mir sehr tatkräftig bei der Planung, Durchführung und Auswertung der Arbeit zur Seite gestanden hat.

Bei Dr. Jan Bürmann und Dr. Philipp Erdmann, die die sonographische Untersuchung in der Klinik für Neurologie durchgeführt haben und mir bei deren Auswertung stets zur Seite standen, möchte ich mich ebenfalls bedanken. Auch dem Team um PD Dr. med. Schneider aus der Radiologie gilt mein besonderer Dank, da ohne ihre Hilfe die Kernspin-Untersuchungen nie so schnell und reibungslos hätten durchgeführt werden können.

Mein Dank gilt darüber hinaus allen Mitarbeitern des Universitätsklinikums Homburg, die mich bei der Durchführung der prä- und postoperativen Untersuchungen unterstützten.

Den Patienten danke ich, dass sie sich dazu bereit erklärt haben, an meiner Studie teilzunehmen und durch ihr wiederholtes Erscheinen zu den zahlreichen Nachuntersuchungen diese Arbeit ermöglicht haben.

15. Curriculum vitae

Persönliche Daten:

Thomas Grub
Im Weiherhäusel 64
69231 Rauenberg

Geburtsdatum: 16.06.1983
Geburtsort: Homburg
Familienstand: ledig
Staatsangehörigkeit: deutsch
Eltern: Wolfgang Grub
Marianne Grub, geb. Grieser
Geschwister: Michael, geb. 31.08.1980

Ausbildung:

Schulausbildung:

- August 1990 bis Juni 1994: Grundschule Sonnenfeld Homburg
- August 1994 bis Juni 2003: Gymnasium Johanneum Homburg

Abschluss: Abitur 2003 (Leistungskurse: Latein, Chemie, Sport)

Studium:

- Oktober 2003: Technische Universität Kaiserslautern

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen mit den Schwerpunkten Umwelt- und Verfahrenstechnik

- Oktober 2004: Universität des Saarlandes

Studiengang: Humanmedizin

August 2006: Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Oktober 2006: Dissertationsbeginn

August 2007: Famulatur: Orthopädie und Orthopädische Unfallchirurgie, Universitätsklinik Homburg

Februar 2008: Famulatur: Anästhesiologie in der Traumatologie, Universitätsklinik Homburg

August 2008: Famulatur: Radiologie, Radiologische Gemeinschaftspraxis Dr. med. Woerner / Dr. med. Rissé / Dr. med. Thon / Dr. med. Winterberg, Saarbrücken

Februar 2009: Famulatur: Unfallchirurgie und Orthopädie, Zentrale Notaufnahme, Klinikum Schwabing, München

August 2009: Beginn des Praktischen Jahres

Orthopädie und Orthopädische Unfallchirurgie, Universitätsklinik Homburg

Chirurgie, Spital Zollikerberg, Zürich, Schweiz

Innere Medizin, Universitätsklinik Homburg

November 2010: Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Januar 2011: Arbeitsbeginn als Assistenzarzt in der Unfallchirurgie/Orthopädie im Klinikum am Plattenwald der SLK-Klinken in Bad-Friedrichshall